Universidade Federal do Rio de Janeiro
Escola de Química

Programa de Pós-Graduação em
Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos

Salvador Ávila Filho

Etiologia das Anormalidades Operacionais na Indústria: Um modelo para Aprendizagem

Tese de Doutorado

Rio de Janeiro
2010

Salvador Ávila Filho

Etiologia das Anormalidades Operacionais na Indústria: Um modelo para Aprendizagem

Tese submetida ao Corpo Docente do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências.

Orientador:

Prof. Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.

Co-orientador:

Prof. José Célio Silveira Andrade, D.Sc.

Rio de Janeiro
2010

A958e Ávila Filho, Salvador

Etiologia das anormalidades operacionais na indústria: modelagem para aprendizagem / Salvador Ávila Filho. - 2010.
296 f.: il.

Tese (Doutorado em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2010.

Orientador: Fernando Luiz Pellegrini Pessoa

1. Processo. 2. Controle estatístico de processo. 3. Administração da produção. 4. Padrões da operação. 5. Rotinas operacionais – Teses.
I. Pessoa, Fernando Luiz Pellegrini (Orient.). II. Universidade Federal do Rio de Janeiro, Programa em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos, Escola de Química. III. Título.

CDD: 661.

Salvador Ávila Filho

ETIOLOGIA DAS ANORMALIDADES OPERACIONAIS NA INDÚSTRIA: UM MODELO PARA APRENDIZAGEM

Tese submetida ao Corpo Docente do Curso de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos da Escola de Química da Universidade Federal do Rio de Janeiro, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências.

Aprovada em 29 de abril de 2010.

BANCA EXAMINADORA

_____
Prof. Orientador Fernando Luiz Pellegrini Pessoa, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____
Prof. Co-orientador José Célio Silveira Andrade, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____
Profª. Adelaide Maria de Souza Antunes, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____
Prof. Eduardo Mach Queiroz, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____
Prof. Isaac José Antonio Luquetti dos Santos, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____
Prof. Paulo Fernando Ferreira Frutuoso e Melo, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

_____
Prof. Paulo Victor Rodrigues de Carvalho, D.Sc.
Universidade Federal do Rio de Janeiro

Dedico este trabalho aos filósofos da indústria que não descansam enquanto as angústias da baixa produtividade e competitividade se mantêm na nossa Cultura Brasileira.

Dedico este trabalho à minha amada Rita de Cássia que filosofa e sente na pele ser esposa deste pesquisador, agradeço a sua paciência e persistência, as palavras não fluem, mas a prática demonstra.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao Orientador Fernando Pellegrini Pessoa e ao Co-orientador José Célio Andrade pela paciência devido à complexidade de tratar de assuntos como a investigação da causa raiz de falhas humanas e operacionais em Sistemas sócio técnicos, a indústria.

Agradeço a Ricardo Kalid, da UFBA/TECLIM, também pela paciência em administrar a presença do pesquisador em paralelo com a finalização do Doutorado na UFRJ.

Agradeço às afirmações do professor Peter Seidl no momento em que considera e discute o assunto Confiabilidade Humana na Escola de Química.

Agradeço ao Gestor e parceiro da área de processamento de gases inflamáveis, que, dentro das discussões e convivências trouxe o pesquisador para ancorar as soluções propostas em aplicação real na indústria.

Agradeço aos colegas de RECHA, Rede de Confiabilidade Humana Aplicada que através das sugestões e questionamentos motivaram este pesquisador em busca de entender aspectos deste assunto.

Agradeço aos colegas da UFRJ e em particular ao Reinaldo pela assistência e pela vontade de filosofar sobre os assuntos desta importante pesquisa.

Agradeço à minha família e em particular à minha esposa Rita de Cássia e minhas filhas Jade e Júlia que entenderam e apoiaram este importante projeto.

RESUMO

ÁVILA FILHO, Salvador. **Etiologia das Anormalidades Operacionais na Indústria:** Um Modelo para Aprendizagem. Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. 347 p. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Processos Químicos e Bioquímicos apresentada, Escola de Química, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Doutor em Ciências.

A globalização é um movimento político-econômico que impulsiona as empresas e em particular o setor industrial na busca por maior competitividade e excelência operacional. No segmento da Indústria Química, a tecnologia tem como desafio atingir custos operacionais reduzidos com o uso das melhores práticas, minimizando assim, as perdas de processo. O diferencial desta metodologia é a definição de cenários futuros da produção com aspectos quanto à oscilação do comportamento humano e da organização durante o planejamento e a execução da tarefa. O objetivo deste modelo é provar a possibilidade de estabilizar processos, incrementar confiabilidade humana e ajustar competências através de novos conceitos sobre a dinâmica da falha com as respectivas técnicas e procedimentos. A função objetivo é o aumento do lucro bruto adicionado a melhor imagem da empresa, atingindo êxito quando se instalam modos de controles (discreto ou automático) que possibilite ajustar os ambientes, as pessoas e as tecnologias inseridas na tarefa. As etapas de implantação da metodologia são: coleta e processamento de dados; identificação dos tipos de comportamentos (tecnologia, homem, grupo e ambientes); definição de programas gerenciais; analise de competências; ajuste de padrões e procedimentos; medição de resultados; e definição de modelo matemático para predição automática da força da falha. Para demonstrar a viabilidade desta tarefa foram discutidos os ganhos reais da metodologia em três indústrias químicas e aplicadas técnicas e procedimentos em indústria de processamento de GLP. As conclusões parciais permitem formatar os programas gerenciais e preparar ferramenta para simulação da falha na tarefa. Esta ferramenta é construída seguindo a preparação de: heurística, algoritmo, mapeamento e medição da eficiência organizacional, análise da força da falha e correção na programação para a produção. O êxito desta metodologia é comprovado pelo incremento da motivação da equipe, pelos ganhos de estabilização de processos nas indústrias químicas, pela análise através de dinâmicas quanto aos principais riscos de processo na planta de GLP, pela concordância dos líderes nos programas propostos, e pelo exercício do modelo matemático através de dados reais da planta de gases.

Palavras-Chave: Controle Estatístico de Processo. Administração da Produção. Rotinas Operacionais. Análise da Tarefa.

ABSTRACT

ÁVILA FILHO, Salvador. **Etiology of Operational Abnormalities in industry: a model for learning.** Rio de Janeiro: UFRJ, 2010. 298 p. Thesis (D.Sc.) (post-graduate program in technology of chemical and Biochemical processes presented, School of chemistry, Federal University of Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2010, as part of the requirements for obtaining the degree of doctor of Science.

Globalization is a political-economic movement that drives the business and in particular the industrial sector in the search for greater competitiveness and operational excellence. In the segment of the Chemical Industry, the technology is challenged to achieve reduced operating costs with the use of best practices, thus minimizing losses in the process. The originality of this methodology is the definition of future scenarios of production with regard to aspects of human behavior and organization oscillations, during the planning and execution of the task. The objective of this model is to prove the possibility of stabilizing processes, increase reliability and adjust human skills through new concepts about the dynamics of failure with their techniques and procedures. The objective function is the increase in gross profit added to better company image, achieving success when installing control modes (discrete or automatic) that allows adjusting the environments, people and technologies included in the task. The implementation steps of the methodology are: collecting and processing data, identification of the types of behaviors (technology, man, group, and environments); definition of management programs; skills analysis; setting standards and procedures; results measurement; and definition of an automatic model to predict the strength of operational failure. To demonstrate the feasibility of this task was discussed the real gains of the methodology in three chemical industries and applied techniques and procedures in processing of LPG. The partial conclusions provide to format programs and prepare management tool for simulation of failure in the task. This tool is built following the preparation of: heuristic, algorithm, mapping and measuring organizational efficiency, strength analysis and correction of the failure in planning for production. The success of this methodology is evidenced by: increasing employee motivation, gains in stabilization processes in the chemical industries, dynamic analysis on the key risks in the process of LPG plant, agreement of the leaders in the programs offered, and after run the mathematical model using actual data from the gas plant.

Keywords: Process Control Statistic. Production Management. Operation Occurrences. Task Analyses.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1 - Metodologia de pesquisa. 23
Figura 2.1 - Aspectos da tecnologia. 25
Figura 2.2 - Aspectos da falha na tarefa. 26
Figura 2.3 - Aspectos com base na personalidade. 28
Figura 2.4 - Eficiência organizacional. 35
Figura 2.5 - Estilo brasileiro de administrar. 37
Figura 2.6 - Efeitos da redundância em mecanismos de segurança. 45
Figura 2.7 - Fluxo de informações na produção. 47
Figura 2.8 - Situações que provocam erro humano na indústria. 52
Figura 2.9 - Modelo de resposta dinâmica IDAC. 56
Figura 2.10 - Fatores humanos no LOPA. 60
Figura 2.11 - Normalidade e anormalidade nos estados de processo. 62
Figura 3.1 - Evitar perdas: estabilização dos processos e confiabilidade humana. 73
Figura 3.2 - Sequenciamento dos conceitos, procedimentos e técnicas para tipo técnico. 77
Figura 3.3 - Sequenciamento dos conceitos, procedimentos e técnicas para tipo social e humano. 79
Figura 3.4 - Modelo dinâmico do sistema produtivo. 82
Figura 3.5 - Mapa de eventos anormais – MEA. 83
Figura 3.6 - Modelo cilíndrico para falha operacional. 87
Figura 3.7 - Movimento dos fatores operacionais no ciclo de vida da falha. 88
Figura 3.8 - Topologia ou arquitetura da tarefa. 98
Figura 3.9 - Fenomenologia da falha. 103
Figura 3.10 - Análise lógica da falha. 105
Figura 3.11 - Cronologia e funcionalidade dos fatores da falha operacional. 106
Figura 3.12 - Análise da conectividade entre anormalidades operacionais. 109
Figura 3.13 - Falha em forma complexa, rede de fatores. 110
Figura 3.14 - Análise de risco baseado em dinâmica e árvore de falha. 112
Figura 3.15 - Régua da personalidade. 115
Figura 3.16 - Classificação do erro humano. 119
Figura 3.17 - Etapas para a predição da falha e programação de produção. 121
Figura 3.18 - Algoritmo genérico com etapas na predição de falha operacional. 126
Figura 3.19 - PCA e medição da força da falha na tarefa. 129
Figura 4.1 - Etapas de implantação do programa em unidade de processamento de GLP. 133

Figura 4.2 - Pressão na saída da refrigeração em unidade de GLP. 155

Figura 4.3 - Pressão de descarga no ciclo da refrigeração. 156

Figura 4.4 - Soma dos desvios padrões na pressão de descargas/ciclo térmico e na válvula de controle. 156

Figura 4.5 - Temperatura na saída da refrigeração. 157

Figura 4.6 - Soma das médias da corrente e dos desvios padrões de compressor de *flash*. 158

Figura 4.7 - Soma de máximos da corrente dos compressores de *flash*. 158

Figura 4.8 - Pressão de *flash* e abertura de válvula após a compressão. 159

Figura 4.9 - Soma da pressão de *flash* e da pressão de óleo lubrificação do compressor de *flash*. 160

Figura 4.10 - Soma da pressão de descarga e da pressão de óleo lubrificação do compressor de *flash.* 160

Figura 4.11 - Número de operadores por dia. 163

Figura 4.12 - Número de sinais de anormalidade por dia. 164

Figura 4.13 - Volume processado, nº de horas, nº de operações. 165

Figura 4.14 - Desempenho da equipe, horas por operador e por operação. 166

Figura 4.15 - Ociosidade técnica por horário e por turma. 167

Figura 4.16 - Anormalidade por especialidade de manutenção e sms. 168

Figura 4.17 - Anormalidade por tipo de evento em equipamentos ou geral. 169

Figura 4.18 - Equipamentos. 171

Figura 4.19 - Investigação dos incidentes e acidentes registrados. 173

Figura 4.20 - Arquitetura das tarefas, com secagem e regeneração. 176

Figura 4.21 - Corpo da falha volume de controle para estudo. 183

Figura 4.22 - Causalidade da falha operacional em rede. 185

Figura 4.23 - Diagrama lógico da falha envolvendo a regeneração. 185

Figura 4.24 - Gráfico ilustrativo: tempo versus força da falha (biln). 187

Figura 4.25 - Árvore de falhas por camada baseada na rotina operacional (FTAh) e resultados de mecanismos de defesa operacionais, gerenciais e dispositivos de segurança e processo. 191

Figura 4.26 - Cenário do sinistro de explosão de forno. 191

Figura 4.27 - Hexágono do equilíbrio emocional. 196

Figura 4.28 - Indicação de agregação do grupo. 197

Figura 4.29 - Características e comportamentos do indivíduo por grupo. 198

Figura 4.30 - Competência demandada. 205

Figura 4.31 - Geleia organizacional. 209

Figura 4.32 - Relações para confiabilidade na execução da tarefa. 214

Figura 4.33 - Análise de agrupamento em anormalidades de processos. 215

Figura 4.34 - Análise de agrupamento e relações em anormalidades de equipamentos. 217

Figura 5.1 - Componente da função objetivo referente à eficiência organizacional. 220
Figura 5.2 - Dados primários para o PCA. 245
Figura 5.3 - Dados para aplicação do PCA. 246
Figura 5.4 - Rodando o PCA no Minitab. 247
Figura 5.5 - Resultados do PCA. 247
Figura5.6-Variáveis artificiais (C1XC2) e curvas de nível de eficiência composta com sequencia temporal. 249
Figura E.1 (Apêndice E) - Conjuntos de características individual e social para CH. 281
Figura G.1 (Apêndice G) - Dominância e paralelismo na análise da tarefa de regeneração da secagem. 289
Figura H.1 (Apêndice H) - Memória conjugada para aplicação nos processos técnicos e sociais. 290
Figura H.2 (Apêndice H) - Processamento da informação para aplicação nos processos técnicos e sociais. 291
Figura L.1 (Apêndice L) - Enxame de partículas. 296

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1 - Heurística genérica com confiabilidade humana. 123

Tabela 4.1 - Análise de complexidade - procedimento 2 - preparação para regeneração. 179

Tabela 4.2 - Análise ilustrativa de cronologia da falha. 187

Tabela 4.3 - Análise de características da liderança e grupos (baseada FIROB). 199

Tabela 4.4 - Desempenho e características do operador - dados do RH. 200

Tabela 5.1 - Comparação entre casos com aplicação parcial. 221

Tabela 5.2 - Resultados dos programas de estabilização de processos. 222

Tabela 5.3 - Resultados na aplicação de análise da tarefa. 223

Tabela 5.4 - Resultados na identificação de elementos para análise de confiabilidade humana e dos ambientes socioeconômicos. 224

Tabela 5.5 - Entrada de dados para o PCA. 241

Tabela 5.6 - Critérios e pesos para cálculo de eficiência organizacional. 242

Tabela 5.7 - Análise de medições para eficiência organizacional no PCA. 242

Tabela 5.8 - Ajustes sócio-técnicos para programação de produção. 243

LISTA DE QUADROS

Quadro 3.1 - Formulação do modelo de aprendizagem da falha operacional. 89

Quadro 3.2 - Temática para análise do projeto da tarefa. 99

Quadro 4.1 - Análise da tarefa 3: secagem e regeneração, 1-3. 177

Quadro 4.2 - Corpo da tarefa e fenomenologia da falha na regeneração. 182

Quadro 4.3 - Regras para simbologia na análise de falha na tarefa. 184

Quadro 4.4 - Cuidados na gestão da manutenção. 188

Quadro 4.5 - Pontos de conectividade. 189

Quadro 4.6 - Recomendações nos 5 níveis de decisão da operação sobre sinistro - GLP. 192

Quadro 4.7- Resultados da dinâmica sob estresse do sinistro de explosão em GLP. 193

Quadro C.1 (Apêndice C) - Amostra de questionário aplicado. 279

Quadro D1(Apêndice D) - Dinâmica de cenário de risco. Quadro resultado da dinâmica de explosão de forno no processo de GLP. 280

Quadro I.1 (Apêndice I) - eventos de falhas na secagem e na regeneração. 12 292

Quadro J.1 (apêndice J) - técnicas e métodos e análise da tarefa. 13 293

Quadro K.1 (apêndice K) - resumo das cadeias de anormalidades. 14 295

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5S - metodologia de origem japonesa para a organização do ambiente de trabalho
ABIQUIM – Associação Brasileira da Indústria Química
ACH – Análise de Confiabilidade Humana
ACP – Análise de Componentes Principais
AEP – Acompanhamento Estatístico de Processos
API770 – Norma sobre confiabilidade humana, *American Petroleum Institute*
ATHEANA – Análise da Confiabilidade Humana após o incidente desenvolvida pela comissão regulatória de Energia Nuclear dos EUA
BA – Busca e ação
BP – Boas práticas
C1 – Leitura do discurso do operador e do gerente
C2 – Modelo dinâmico em sistema produtivo
C3 – Dinâmica dos fatores operacionais na falha
C4 – Modelo da força da falha, qualidade e visibilidade
C5 – Nascimento da falha, gatilho, falha latente e ativa
C6 – Processamento cognitivo
C7 – Memória e integração Tipologias
CCPS - *Center for Chemical Process Safety*
CEP – Controle Estatístico de Processos
CFTV – Circuito interno de televisão
COCOM – Análise Hierárquica de decisão, modelo de controle contextual
CREAM – Confiabilidade Cognitiva e Método de análise do erro humano
DIPEA – Dissecação de eventos anormais (ligado ao MEA)
DG – Discurso do gerente
DO – Discurso do operador
DP – Desvio Padrão
EIPR – Empresa Industrial Pública de Refino
EPI – Equipamentos de Proteção Individual
EVA – Estatística de Eventos Anormais
FIROB - *Fundamental interpersonal relations orientation*
FRAM - Modelo de ressonância do acidente
FTA – *Failure Tree Analyses*, Análise de Árvore de Falha
GLP – Gás Liquefeito de Petróleo
HAZOP - *HAZard and OPerability Studies*
HAZAN - *Hazard Analysis*
HRA – *Human Reliability Analisys*
ICT – Identificação da Cultura Técnica
IHM – *Interface* Homem máquina
ISO – Organismo internacional para padrões e normas, emite normas para a qualidade (ISO-9000), Meio-ambiente (ISO-14000), Saúde e Segurança Ocupacional (ISO-18000)
LOPA – *Layer of protection analysis,* análise de risco em multicamadas
MEA – Mapa de Eventos Anormais
MERMO - Método de Avaliação da Realização de tarefas pelos Operadores
MINITAB – *Software* para cálculos estatísticos
OSHA - *Occupational Safety and Health Administration*
SIL – *Safety Instrumented Level*
SIS – *Safety Instrumented Systems*

SMS – Segurança, Saúde e Meio Ambiente
PA1 – Projeto e padrão da tarefa – complexidade e boas práticas no posto de trabalho
PA2 – Falha na tarefa, lógica, conectividade, cronologia, materialização
PA3 – Falha por camada de decisão: FTA
PA4 – Confirmação das Hipóteses e ajustes de padrão e de procedimento técnico/gerencial (ICT), Tipologia Técnica
PA5 – Demanda de competência
PA6 – Oferta de competência: Exame para ICT
PA7 – Análise do comportamento do grupo sob estresse
PA8 – Análise de Competência
PA9 – Equilíbrio emocional
PA10 – Cooperação
PA11 – Liderança
PA12 – Compromisso
PA13 – Análise de Clima Organizacional e de Segurança
PA14 – Análise dos relatórios e registros do SMS
PA15 – Posição socioeconômica e Análise dos rituais internos da empresa
PCA – *Principal Components Analyzes*, Análise de componentes principais
PCP – Programação e Controle de Produção
PD – Planejamento e Decisão
PLC – Painel de Controle Local
PLR – Participação nos Lucros e nos Resultados
PSF – *Performance Shapping Factors*
PSV – Válvula de segurança para presssão
PC – Controladora de Pressão
PV – Válvula de Controle de Pressão
REA – Relatório de Eventos Anormais
RECHA – Rede de Confiabilidade Humana Aplicada
RH – Recursos Humanos
T1 – Coleta de dados da rotina
T2 – Mapeamento de eventos anormais
T3 – Acompanhamento estatístico de processos (AEP)
T4 – Estatística de Eventos Anormais (EVA)
T5 – Nexo causal e orgânico na cadeia de anormalidades e conectividade entre fatores
T6 – Levantamento de situações de risco na literatura técnica
T7 – Enquete aplicada em WS – tipo humano/ social
T8 – Enquete WS: Agregação de grupos, técnica xerox
T9 – Enquete WS: FIROB – inclusão, afeto e controle
T10 – Informações RH
T11 – Identificação dos elementos humanos, padrão de análise do comportamento, tipo humano
T12 – Vivência na rotina, análise de compromisso e relações sociais
T13 - Identificação dos valores organizacionais e dos ambientes de influência sobre a confiabilidade humana: tipo social de comportamento
THERP - Technique for Human Reliability Analysis
TQC – *Total Quality control* – Qualidade total
TPM – *Total Productivity Maintenance* – Manutenção Autônoma
TT – Transmissor de Temperatura
TV – Válvula de controle para temperatura
V – Vigilância

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 18

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA 24

2.1 ASPECTOS DINÂMICOS DA FALHA 24

2.2 CONTROLE OPERACIONAL E PROCESSOS COMPLEXOS 30

2.3 REVISÃO: CONFIABILIDADE OPERACIONAL E HUMANA 33

2.3.1 Motivações 33

2.3.2 Sistemas Administrativos e Cultura Organizacional 34

2.3.3 Aspectos relacionados à Cultura de Segurança 41

2.3.4 Erro Humano no Controle de Processo e da Operação 45

2.3.5 Nova Visão de Segurança 57

2.3.6 Análise Crítica Confiabilidade Humana e na Tarefa 66

3 METODOLOGIA: ANÁLISE DA FALHA DINÂMICA 71

3.1 CONCEITOS E TÉCNICAS PARA ANÁLISE DA FALHA DINÂMICA 74

3.1.1 Conceitos, técnicas e procedimentos na tipologia técnica ou tipo de comportamento da tecnologia e aplicação na tarefa 75

3.1.2 Conceitos, técnicas e procedimentos na tipologia ou tipo de ambiente socioeconômico-organizacional e no tipo de comportamento dos operadores 78

3.1.3 Conceito 1: Importância do discurso do Operador 79

3.1.4 Conceito 2: Modelo Dinâmico em Sistema Produtivo 80

3.1.5 Técnicas: 2. Mapeamento de Eventos Anormais/MEA, 3. Análise Estatística de Processos /AEP e 4. Análise Estatística de Eventos Anormais /EVA 82

3.1.5.1 - Técnica 2: MEA, REA 82

3.1.5.2 - Técnica 3: AEP e Técnica 4: EVA 84

3.1.6 Conceito 3: Dinâmica dos fatores operacionais na Falha 84

3.1.7 Conceito 4: Modelo conceitual de Força da falha 86

3.1.8 Conceito 5: Nascimento da falha operacional 89

3.1.9 Conceito 6: Modelo para Processamento cognitivo, decisão e ação 90

3.1.10 Conceito 7: Construção da Memória Conjugada na falha 91

3.1.11 Técnicas 1, 7, 8, 9, 10: Procedimento sobre coleta de dados 92

3.2 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DA TAREFA 96

3.2.1 Procedimentos de Análise da Tarefa na Rotina (PA1 e PA2) 96

3.2.1.1 Procedimento de Análise do Projeto de tarefa (PA1) 97

3.2.1.2 Procedimento de Análise da falha na tarefa (PA2) 102

3.2.2 Comportamento em Emergência ou Estresse extremo ou Procedimento de Análise da Tarefa em Falha (PA3) 111

3.3 ANÁLISE DE COMPETÊNCIA E RÉGUA DA PERSONALIDADE (PA7) 113

3.4 CLASSIFICAÇÃO DO ERRO HUMANO NA TAREFA 116
3.5 PROCEDIMENTOS DE HEURÍSTICA, ALGORITMO E USO DO PCA. 120
3.5.1 Heurística 121
3.5.2 Algoritmo 124
3.5.3 Aplicação de análise de componentes principais e heurística 128
3.5.4 Construção do cilindro da falha no formato quantitativo 130

4 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE GASES - GLP 132
4.1 CONHECIMENTO DA TECNOLOGIA E VIVÊNCIA NO PROCESSO COM GLP 134
4.1.1 Descrição da Empresa 134
4.1.2 Observações de Vivência na EMPRESA (T12 na Figura 3.2) 138
4.1.3 Reconhecimento de Rituais Sociais e da Cultura Organizacional (PA13, 15) 139
4.2 COLETA DE DADOS TÉCNICOS: ROTINA, TAREFA, PROCESSO E SMS 140
4.2.1 Dados coletados no livro de turno (T1) 141
4.2.2 Dados coletados no procedimento operacional para análise da tarefa (PA1) 143
4.2.3 Dados coletados nas variáveis de processo para uso no AEP (T3) 143
4.2.4 Dados coletados nos registros do SMS para Análise (PA14) 144
4.3 COLETA DE DADOS HUMANOS E SOCIAIS (T7 a T10) 145
4.3.1 Sobre o workshop para coleta de dados (T12) 146
4.3.2 Dados sociais e individuais do operador (T7) 147
4.3.3 Dados do questionário sobre comportamento individual no grupo (T8) 149
4.3.4 Questionário sobre comportamento grupal: cooperação e liderança (T9) 150
4.3.5 Dados do RH (T10) 151
4.4 MAPEAMENTO DE EVENTOS ANORMAIS E SINAIS DE FALHA (MEA) 153
4.5 ANÁLISE DE PROCESSOS, LOGÍSTICA, OPERAÇÕES, MANUTENÇÃO E SEGURANÇA (T3 – AEP e T4 - EVA). 154
4.5.1 Análise de Processos 154
4.5.2 Análise de Logística 161
4.5.3 Análise de Operações 162
4.5.4 Análise de Manutenção, Segurança e Ambiental (T4) 168
4.5.5 Análise de Segurança de Processos 170
4.6 APLICAÇÃO DA ANÁLISE DA TAREFA E RESULTADOS (PA1/2/3) 174
4.6.1 Rotina 174
4.6.1.1 Análise do Projeto de tarefa (PA1) 175
4.6.1.2 Análise da Falha de tarefa (PA2) 180
4.6.2 Comportamento em Emergência ou Estresse extremo (PA3) 190
4.7 INTERPRETAÇÕES DE INFORMAÇÃO HUMANA E SOCIAL – COMPORTAMENTO NO AMBIENTE LABORAL 193
4.7.1 Sobre os dados sociais (ref. 4.3.2) 193

4.7.2 Sobre os dados individuais (ref. 4.3.2) 194
4.7.3 Sobre os dados de comportamento do indivíduo para cooperação (ref. 4.3.3) 196
4.7.4 Sobre o comportamento grupal e a liderança (ref. 4.3.4) 198
4.7.5 Sobre os dados sociais coletados no RH da Empresa (ref. 4.3.5) 199
4.8 ANÁLISE DE COMPETÊNCIA E RESULTADOS (PA8) 201
4.8.1 Demanda com base na tecnologia (PA5) 202
4.8.2 Oferta de competência - dinâmica e identificação de cultura técnica (PA6) 206
4.8.2.1 Aplicação de exame para Identificação de Cultura Técnica 206
4.8.2.2 Discussão 207
4.9 PADRÃO PARA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO (T11) 208
4.9.1 Atuação no Posto de trabalho 208
4.9.1 Análise de comportamentos no Posto de trabalho 210
4.9.2 Erro humano na tarefa 210
4.9.3 Análises para o tipo de comportamento humano e social 212
4.10 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DE EVENTOS ANORMAIS (T14) 214
4.10.1 Análise de Agrupamento e relações em anormalidades de Processos 215
4.10.2 Análise de agrupamento e relações em anormalidades de equipamentos 216

5 RESULTADOS 218
5.1 ASPECTOS GERENCIAIS PARA A TOMADA DE DECISÃO 218
5.1.1 Discussão sobre a função objetivo: Margem de Lucro bruto 219
5.1.2 Comparação entre casos já aplicados 220
5.1.3 Resultados técnicos, humanos e sociais 221
5.1.3.1 Resultados técnicos de Estabilização de processos 221
5.1.3.2 Resultados técnicos de Análise da tarefa 223
5.1.3.3 Resultados Humano-sociais 223
5.1.4 Programas gerenciais para incremento na Confiabilidade Humana 224
5.1.5 Programa de estabilização de processos, oportunidades e técnicas sugeridas 227
5.2 DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA FORÇA DA FALHA ATRAVÉS DE CÁLCULO ESTATÍSTICO (PCA) 229
5.2.1 Regras de comportamento técnico, do ambiente e dos indivíduos: proposta e correção para aplicação 230
5.2.1.1 Proposta de Regras de comportamento 231
5.2.1.2 Correção para aplicação de Regras de comportamento 234
5.2.2 Critérios e seleção para medição de eficiência organizacional 235
5.2.3 Análise e escolha de agrupamentos para PCA: conclusões parciais 236
5.2.4 Escolha de dados de entrada e de eficiência organizacional para aplicação 240
5.2.5 Processamento dos dados, resultados 243
5.2.6 Mapear eficiência organizacional e simular situação: força da falha 248

5.2.7 Observações finais para a aplicação do PCA 249

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS 250

REFERÊNCIAS 257

GLOSSÁRIO 267

A P Ê N D I C E S 272

1 INTRODUÇÃO

No mundo empresarial, a utilização limitada de recursos destinados ao desenvolvimento de negócios, processos e produtos requer uma percepção ambiental dinâmica, em relação aos sistemas sociais e técnicos. A visão estática e atrelada às regras e às leis físicas e organizacionais limita a visibilidade quanto aos problemas (falha latente) e oportunidades emergentes para solucionar estes problemas e alcançar a eficiência organizacional.

O sucesso de uma empresa que atua sob um mercado globalizado depende de fatores ligados à manutenção da rotina operacional, a aspectos intuitivos, valores sociais e inovação tecnológica. Para propor soluções na rotina da fábrica é indispensável contar com a equipe diretamente envolvida na produção, que traga as experiências da planta industrial, cujas informações permitam transformar um problema ou falha latente em um problema visível. A falta de visibilidade fica evidente quando se considera que o processo ocorra de forma distinta entre o sistema social e técnico. A escrita, o comportamento, os registros e a memória, trazem informações fragmentadas sobre a realidade "per si". Normalmente, devido a questões econômicas imediatas, o gestor de empresa toma as decisões com base em informações que não representam a história na forma contínua da rotina de operações na empresa. Devido à urgência de encontrar as soluções, as investigações são superficiais não permitindo que os gerentes identifiquem adequadamente a causa raiz dos problemas nos processos da indústria.

Em particular, na indústria química, a ABIQUIM tem atuado para reduzir os eventos com acidentes através de práticas gerencias e de medições definidas pelo Programa de Atuação Responsável instituído desde 1992 (SOARES e DEMAJOROVIC, 2006). Este programa é do tipo *top-down* e exigem adaptações para implantação, devido a aspectos particulares de cada indústria no que tange ao tipo de tecnologia, tipo de pessoas e relações sociais em cada caso.

Já o assunto confiabilidade humana em sistemas de produção tem sido pouco discutido na indústria química e petroquímica, inclusive na própria ABIQUIM, que se concentra nas consequências desta baixa confiabilidade, que são as perdas de processo e os acidentes. A confiabilidade humana é assunto mais presente na indústria nuclear e nos serviços de transporte. A quantidade de trabalhos publicados nos congressos de engenharia química no Brasil e no exterior é baixa e a percepção após palestras ministradas e reuniões realizadas é

que o segmento químico ainda não entende da importância em tratar do assunto confiabilidade humana. Houve um êxito maior nas abordagens nas empresas de energia nas áreas de petróleo e de GLP com a maior sensibilização do tema para a força de trabalho, levando inclusive, ao desenvolvimento de parcerias em pesquisa. Alguns comentários sobre as demandas por confiabilidade humana encontram-se no Apêndice F, na discussão sobre a Rede de Confiabilidade Humana Aplicada – RECHA, instituída a partir deste trabalho de pesquisa.

Por outro lado, o maior conhecimento sobre as causas da ocorrência de erros humanos que provocam falhas em equipamentos e processos demonstra que a melhor Gestão de Riscos na indústria leva a diminuição de custo financeiro na renovação do seguro por eventos anormais. Em particular este fato é bastante importante para a indústria química devido à maior toxidez dos produtos manuseados e devido, às condições críticas de pressão e de temperatura envolvidas nas operações de rotina.

Os fundamentos tecnológicos da engenharia química (HIMMELBLAU, 1984) descrevem fenômenos físico-químicos que permitem o desenvolvimento de projetos cujo principal objetivo é a entrega do produto acabado com padrões de mercado, e seguindo tarefas baseadas no estado de normalidade. Sendo assim, a discussão sobre o ciclo de vida de falha[1] é vista de forma primária, levando em conta aspectos técnicos que devem ser evitados na operação dos sistemas e dos equipamentos. Não se descreve como os mecanismos inseridos em ambientes organizacionais podem alterar os sistemas técnicos, fato este investigado somente durante o acontecimento da falha na prática de operação na planta industrial, o que traz a redução na competitividade da indústria.

A análise do erro humano em sistemas técnicos de produção possui características de sistemas complexos, pois incorpora a falha técnica em forma de rede e envolve a influência de ambientes sociais, organizacionais, naturais e ocupacionais sobre a construção da falha operacional.

A falha não se limita ao fenômeno máximo (estático) que corresponde às perdas maiores na planta industrial. Na nova visão de Confiabilidade Humana e de Processos (Confiabilidade Operacional), a falha é tratada de forma dinâmica e constituída de fatores operacionais

[1] Intervalo de tempo desde o nascimento da cadeia de eventos anormais que culmina com a parada de sistema ou de acidente.

(MARAIS et al., 2006). A Falha é um fenômeno energético que naturalmente tende ao seu ponto máximo (ou simbolicamente, a explosão!) e realiza trabalho em vários níveis (as consequências) durante o seu ciclo de vida. Para ajudar a evitar a falha, é necessário entender sobre sua visibilidade e os sinais emitidos (LEES, 2005; ALVARENGA et al., 2009) ao longo de sua cadeia.

Para que ocorra a falha operacional, ou ainda, a perda de processo, deve haver a conjunção de três tipos de falha: (1) o erro humano, onde aspectos individuais na forma de entender as instruções para execução da tarefa; (2) o erro grupal relacionado à função no meio laboral e a influência dos líderes informais e a falha que envolve causas no (3) sistema técnico (ou a falha técnica) com aspectos relacionados aos fundamentos técnicos como os tipos de processos, qualidade dos materiais em processamento, funcionamento de equipamentos e sistemas. Ao estudo destes tipos de falha e sua origem na operação de fábrica será denominado de Etiologia das Anormalidades Operacionais na Indústria que trata das falhas operacionais que levam a acidentes (LEVESON, 2004), vazamentos, problemas organizacionais e econômicos em geral.

A falha técnica depende do tipo de processo químico, dos equipamentos envolvidos e da possibilidade de degradação por corrosão, erosão ou impacto decorrente dos fluidos sobre as partes internas destes equipamentos. Movimentos que envolvem elementos dinâmicos em sistemas estáticos ou vice-versa, provocando fadiga ou baixa eficiência nas máquinas rotativas, como bombas e compressores, também são fatores que influenciam na falha técnica.

A discussão sobre a falha individual não está relacionada somente com o ambiente de trabalho, mas também com o comportamento do indivíduo no meio social. É importante analisar fatores humanos que transitam entre o indivíduo e o grupo, no meio social e técnico. Esta investigação é possível: ao reinterpretar os mapas mentais na tomada de decisão; ao interligar as possibilidades de falha individual no ambiente industrial; ao discutir sobre falha grupal a partir do erro humano na execução da tarefa e; ao revisar os conceitos apresentados pela engenharia. Os conceitos técnicos são incompletos quando, não se considera a possibilidade de que as falhas possuem cadeias complexas interligadas e possui fatores múltiplos relacionando o fator humano ao sistema técnico.

Alguns modelos para Análise de Confiabilidade Humana encontrados na literatura (HOLLNAGEL, 1993; HIRSCHBERG, 1998; PALLEROSI, 2008) são estáticos no que se refere à influência ambiental sobre estruturas técnicas, cognitivas e humanas. Este comportamento não permite corrigir as situações ao longo do tempo, o que leva a analisar a falha somente depois de alcançado o estado máximo (explosão da falha[2]), onde ocorre a investigação incompleta das causas, normalmente não alcançando a causa raiz. O mapeamento da falha em sistemas sócio técnicos deve seguir uma estrutura de rede, na qual se investigam os aspectos de múltipla causalidade envolvidos no processo**.**

Outros importantes modelos conceituais seguem a linha dinâmica apresentando: a utilização de arquétipos para representar a dinâmica da falha (MARAIS et al., 2006), os tipos diferentes de barreiras de segurança em sistemas industriais com os respectivos aspectos dinâmicos (HOOLNAGEL, 2008) e a importância dos sinais da falha para identificação da sua anatomia (ALVARENGA et al., 2009).

Em termos de falha individual procura-se entender os fragmentos mentais baseados na vivência e nas características específicas da personalidade, os quais podem induzir à ocorrência da falha. Por outro lado, quando se considera a falha grupal, procura-se entender a formação de competências e a sua taxa de utilização no meio produtivo, bem como as relações sociais sob a ótica das lideranças informais e de aspectos da cultura local. Como resultados buscam-se definir sistemas gerenciais que tratem das pessoas e dos aspectos estratégicos da organização. Em relação à falha técnica, buscam-se inserir aspectos humanos e ambientais nos controles gerenciais ou de processo, diminuindo a possibilidade de ocorrer falha operacional. Os procedimentos operacionais são necessários para viabilizar a operação de unidades industriais independentemente do tipo de tecnologia. Aquelas plantas muito automatizadas têm menor probabilidade de erro humano, mas com maior impacto. As plantas industriais pouco automatizadas têm maior probabilidade de erro humano com menor impacto.

Esta pesquisa tem como objetivo geral propor um modelo de aprendizagem com regras heurísticas para prevenir a falha humana nas decisões de rotina. Dentre os objetivos específicos, procura-se:

[2] Ponto máximo da falha impactando sobre a função objetivo – lucro bruto.

(1) Elaborar modelos conceituais sobre a anatomia da falha de forma dinâmica com os respectivos procedimentos para aplicação;
(2) Aplicar os modelos e procedimentos em planta industrial inserindo aspectos técnicos, humanos e dos ambientes sociais;
(3) Desenvolver procedimento de classificação do erro humano e análise de competências para facilitar a aplicação de ferramentas gerenciais;
(4) Investigar os fatores da falha na tarefa através de análise do padrão adotado, análise da tarefa durante a rotina e durante a emergência favorecendo a tomada de decisão gerencial;
(5) Sugerir procedimentos para calcular a força da falha através de ferramentas matemáticas e heurísticas de aplicação na rotina para a tomada de decisão gerencial.

Com o desenvolvimento dos trabalhos de pesquisa, pretende-se responder às seguintes demandas da comunidade industrial e acadêmica:

Existe modelo para predizer a probabilidade de ocorrer erro humano e operacional, que permita a identificação da sua anatomia, possibilitando programar barreiras para a sua não reocorrência em processos complexos? É correto considerar o erro humano e social em sistemas tecnológicos de forma semelhante à falha de máquina que segue modelos pré-formatados, como *weibull* ou exponencial?

Esta metodologia de aprendizagem tem como principal diferencial a identificação das causas do erro humano e da falha operacional considerando as possibilidades de oscilações no comportamento humano e organizacional e discute uma forma não determinística de predizer a possibilidade de ocorrência da falha.

Atividades e Metodologia de pesquisa

As atividades realizadas durante o doutorado seguiram a seguinte ordem cronológica: em 2005, consulta a bibliografia e elaboração de conceitos baseados na experiência; em 2006, revisão crítica da bibliografia de forma multidisciplinar e processar as informações dos casos na indústria química sobre o tipo de comportamento técnico; em 2007, se inicia a discussão com os meios acadêmicos e industriais a cerca dos assuntos ligados a confiabilidade humana onde foram apresentados *papers* em congressos nacionais e internacionais, ainda neste ano houve a negociação com indústria de olefinas como parceiro na pesquisa, e para finalizar,

iniciada a elaboração dos procedimentos para aplicação na petroquímica; em 2008, a discussão com o meio industrial continua, foram apresentados outros *papers* em congressos nacionais e internacionais, a petroquímica atrasou o projeto com desistência pelo pesquisador, dando seguimento com empresa de energia (GLP), os procedimentos continuaram a ser elaborados e foi iniciada coleta de dados do turno; em 2009, o ano da coleta e processamento de dados e aplicação dos procedimentos preparados na empresa de processamento de GLP, houve atraso na coleta de dados sociais e humanos devido a não realização do workshop, atrasando a finalização do doutorado, foi também iniciada a formatação final da tese; em 2010, foi realizada a coleta de dados sociais e o seu processamento para compor os resultados da tese, foi escrita a tese, e os contatos pela RECHA continuam com o interesse dos meios acadêmico e industrial.

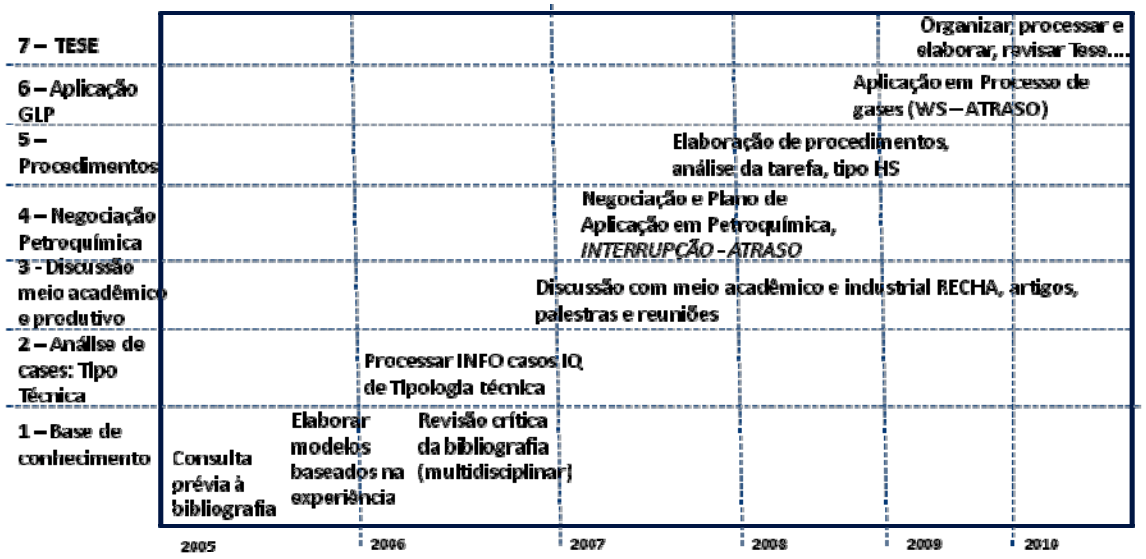


Figura 1.1 - Metodologia de Pesquisa.
Fonte: Autoria própria

Neste trabalho, O Capítulo 2 realiza uma revisão bibliográfica, procurando demonstrar a dinâmica da falha e a discussão do tema. No Capítulo 3, propõe-se uma metodologia na qual se sugere um modelo de aprendizagem para o crescimento da falha operacional e as suas formas de análise dinâmica. No Capítulo 4, realiza-se um estudo de caso relacionado à indústria de processamento de gases inflamáveis, com a aplicação dos modelos conceituais e dos procedimentos. No Capítulo 5 ocorre a discussão dos resultados. Por fim, no Capítulo 6 são apresentadas as conclusões e sugestões para trabalhos futuros sobre o estudo da fenomenologia da falha na indústria, como a depuração das heurísticas propostas, e o tratamento de dados para o processamento e predição da falha no formato de *software*.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Confiabilidade Humana e Operacional é assunto de natureza multidisciplinar. A preocupação com o aumento de produtividade até pouco tempo atrás estava no campo técnico, onde eram discutidos o posto de trabalho e as tecnologias de processo para a indústria química. No presente campo humano, a discussão estava mais localizada nas questões organizacionais, para a definição de políticas. Neste sentido a Confiabilidade Humana emerge para os cientistas que estudam eficiência em processos químicos, desafios difíceis como a tentativa de predizer comportamentos para evitar a falha durante a realização das tarefas.

Esta revisão bibliográfica pretende primeiramente apresentar aspectos relativos ao dinamismo na análise da falha operacional e do erro humano, para em seguida tecer considerações sobre os processos complexos, e posteriormente, realiza-se uma divisão em fases comentadas de forma cronológica dentro de cada tema, em ordem crescente até os anos atuais.

Em relação ao assunto Confiabilidade Humana e Operacional, a abordagem é dividida nos seguintes temas: (i) sistemas administrativos e organizacionais, onde se discute a cultura organizacional e o papel do homem para a eficiência na empresa; (ii) a discussão sobre aspectos da segurança e o papel do homem, assim como a relação entre cultura organizacional e de segurança e a influência na execução da tarefa; (iii) uma breve discussão sobre os erros humanos no controle operacional e de processos; (iv) a proposição de novas perspectivas de segurança, incluindo aspectos de energia do perigo para o acontecimento de acidente, mecanismos de defesa e aspectos de ergonomia, para evitar acidentes ou incidentes; (v) uma análise crítica da Confiabilidade Humana e Operacional nos segmentos da energia nuclear, petróleo, acidentes com vasos de pressão e transporte ferroviário.

2.1 ASPECTOS DINÂMICOS DA FALHA

A execução de procedimentos estabelecidos pela gestão da produção é realizada pelo operador, o qual atua em equipe e sobre o processo industrial. Para cumprir sua função na empresa e seu papel na sociedade, o operador tem seu comportamento definido pela sua

história de vida. A relação entre equipe e equipamento é descrita pelos processos gerenciais e de aprendizagem, o qual sofre a influência dos ambientes físico, organizacional (cultura) e ocupacional (legislação e análise de acidente). A falha ocorre de forma dinâmica e em estruturas, como equipamentos e pessoas, que trocam energias com ambientes: (1) estruturas humanas se relacionam com estruturas físicas (equipamentos e processo) através de processos de liderança e de relações que promovem a aprendizagem; (2) os ambientes globais (naturais, econômicos e sociais) e específicos (locais, organizacionais e ocupacionais) influenciam estruturas humanas e físicas, alterando ou estabilizando seu comportamento padrão.

Na indústria química, as perdas de processo decorrentes da falha operacional podem ser oriundas tanto de *hardware* (equipamentos), de *softwares* (tarefas) como de *manware* (erros humanos). Na tecnologia, os fatores que podem provocar a falha técnica (LEES, 1996) estão relacionados com a tarefa devido à qualidade dos dados técnicos para o controle da rotina. Outros fatores técnicos que provocam a perda de processo são: projeto inadequado quanto à ação do operador sobre o equipamento (ergonomia) e nível de toxidez e complexidade do produto e processo das operações na indústria. Tais fatores são indicados na Figura 2.1.

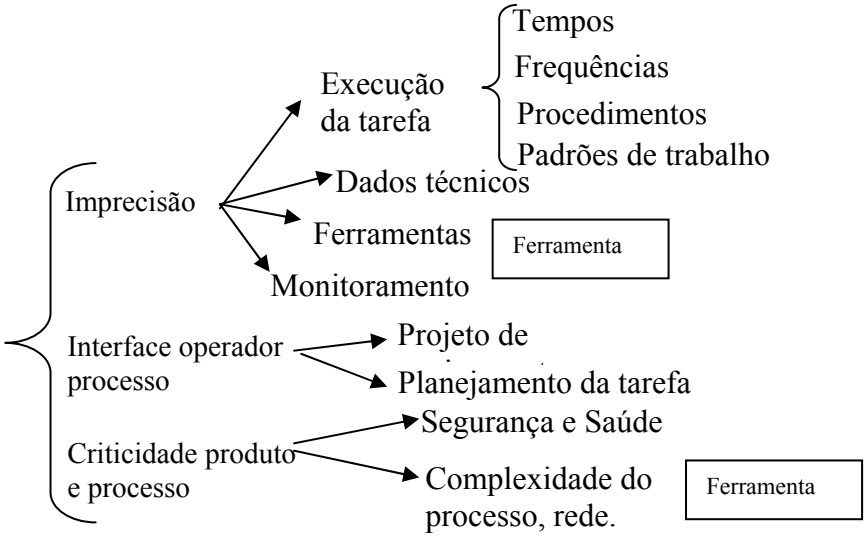


Figura 2.1 - Aspectos da tecnologia.
Fonte: Autoria própria.

Outro desafio na dinâmica da falha é considerar os aspectos de máquinas e processos contínuos em conjunto com os aspectos ligados à tarefa. Assim, as etapas para a realização dos procedimentos dependem de estados de processo contínuo e de períodos ou ciclos relativos a procedimento e processos intermitentes.

A eficiência organizacional é resultante de aspectos técnicos como: padrões para a tarefa, qualidade dos dados técnicos, disponibilidade de sistemas (máquinas, materiais e pessoas), aspectos ligados ao projeto de processos químicos e de máquinas, e complexidade e riscos de processos e produtos. Estes aspectos da tecnologia são dinâmicos e dependem de ambientes externos físicos (ex: temperatura ambiente) que alteram as condições internas dos equipamentos e das pessoas, ou ainda de ambientes organizacionais que promovem o estresse e a instabilidade na tarefa.

Os erros relacionados a fatores como planejamento, acompanhamento e execução da tarefa apresentados na Figura 2.2, foram descritos por Lees (1996) e envolvem ambiente organizacional e aplicação de competências, indicando quais são as pessoas envolvidas com a realização da tarefa e que podem cometer erros de desatenção e esquecimento. A eficiência na execução da tarefa depende, também, da personalidade do operador. O controle da tarefa depende da sua criticidade e do seu ineditismo, da capacidade do operador de tomar decisões e de analisar a causalidade dos problemas decorrentes da tarefa.

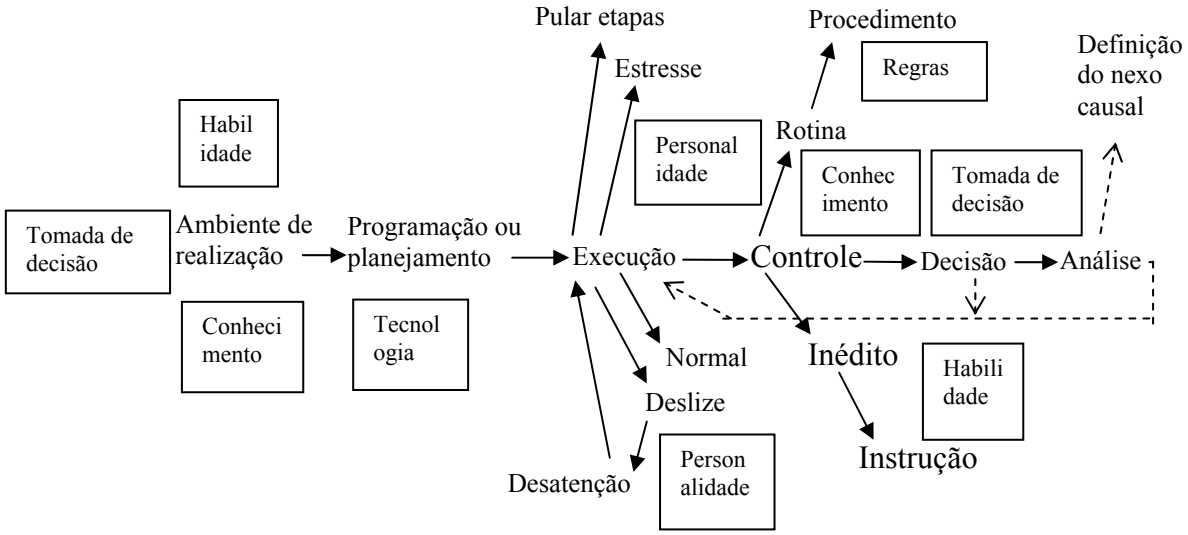


Figura 2.2 - Aspectos da falha na tarefa.
Fonte: Autoria própria.

A falha tem formato dinâmico (MARAIS et al., 2006) em casos como na construção de equipes com grupos multiculturais para realizar a tarefa, onde, operadores de regiões diferentes com costumes e linguagens específicas têm dificuldades de comunicação, podendo assumir regras próprias, alterando a forma padrão de realizar a tarefa. Nestes casos é

importante buscar símbolos de linguagem neutros e utilizá-los na escrita e na fala para transmitir a tarefa ou diretrizes para a rotina.

No planejamento e na execução da tarefa também existem aspectos que são dinâmicos, o que ampliam as possibilidades de ocorrência de falha, dentre estes, destacam-se: a rotatividade de líderes com formas de tomada de decisão diferentes, a rotação dos turnos que possuem nível de habilidade ou de conhecimento diferentes; os riscos de processo que aumentam conforme o horário ou a turma de turno, que se alteram conforme a época do ano (inverno ou verão), os riscos de processo que aumentam em época de campanha salarial, ou ainda, o comportamento do operador ou do supervisor que é alterado em uma situação de rotina ou de emergência.

A estrutura de personalidade e os processos de aprendizagem podem estar entre os principais motivos para que o operador execute a tarefa de forma inadequada, originando o erro humano. A construção da personalidade pode resultar em rituais e mecanismos que provocam falhas de memória e deslize (Figura 2.3). Além disso, a aprendizagem para o desenvolvimento desta personalidade pode não ser efetiva, provocando falhas na formação de conceitos na etapa de abstração. Por fim, sabe-se que a produtividade na tarefa depende da fidelidade do operador em relação ao líder e à organização que são consequência da estabilidade entre valores humanos e organizacionais, demonstrando a importância do equilíbrio emocional.

O comportamento humano sofre a ação dos ambientes nos quais o trabalhador encontra-se inserido, principalmente na família e no trabalho. Nem sempre as atividades desenvolvidas nestes ambientes e a análise de recompensa feita pelo trabalhador impõem estabilidade emocional durante a realização da tarefa. Esta motivação externa, baseada em demandas da família e do trabalho, provoca comportamentos que dependem do tipo de comportamento humano, com os respectivos rituais de proteção individual e de grupo, promovendo comportamentos de risco alcançando a falha operacional.

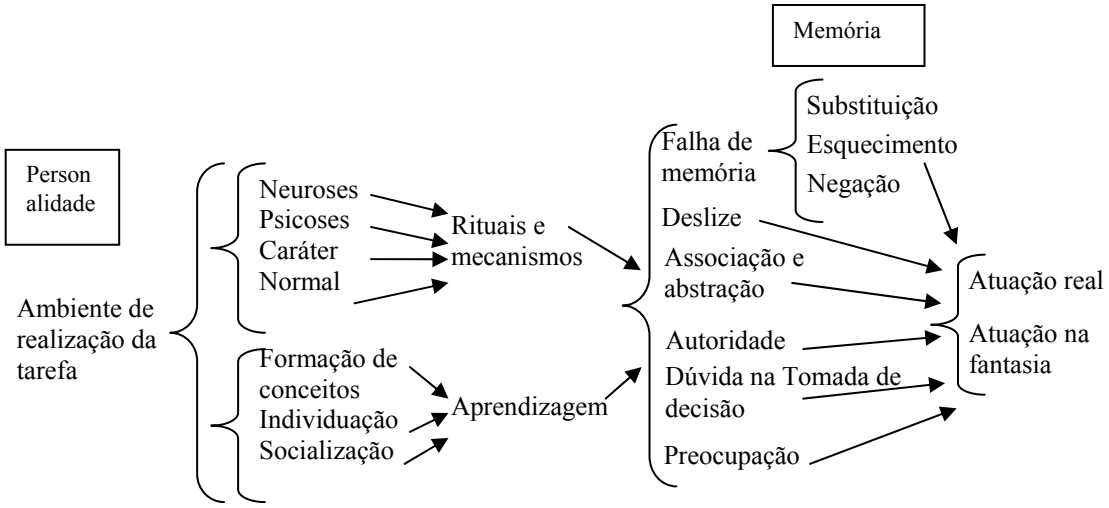


Figura 2.3 - Aspectos com base na personalidade.
Fonte: Autoria própria.

Sobre a pesquisa na área de Confiabilidade Humana, vale salientar que: (a) a indústria química em geral trata do assunto perdas de processo com foco na investigação de acidentes e em falhas de manutenção como apresentado no Programa de Atuação Responsável (SOARES e DEMAJOROVIC, 2006; KÓS, 2007); (b) poucos sistemas de gestão ou modelos matemáticos resultantes de pesquisas analisam a produtividade na execução da tarefa (LEES, 2005); (c) os grupos que estudam os fatores humanos que influenciam na eficácia da tarefa não avançam na análise do comportamento humano em ambiente laboral, levando a resultados ainda não satisfatórios quanto à predição da taxa de falha operacional ou do erro humano no ambiente técnico (WREATHALL et al. 2003).

Outras observações sobre pesquisa em fatores humanos indicam que: (d) foram identificados grupos de pesquisa que atuam analisando os erros humanos, em Toronto e Milão, envolvendo aspectos de processamento cognitivo e implicações na execução da tarefa; (e) os grupos de pesquisa identificados que tratam ou investigam os erros humanos, também atuam em vários segmentos da indústria e de serviços, como a área química, a energia nuclear e os serviços de transportes, além da indústria de informática na Itália. Estes grupos de pesquisa desenvolvem estudos na área de perdas de processo, provenientes de acidentes e de erros no planejamento da tarefa.

Na área de gestão da produção, os grupos de pesquisa (*Strahclyde University – Management Sciences*; *University of Manchester – Process Safety; Sapientiae*), atuam principalmente nos seguintes tópicos: discussão da cultura organizacional, na área de engenharia de

confiabilidade de equipamentos rotativos, no controle de qualidade do produto a partir do processo, e no estudo da tarefa a partir dos processos cognitivos.

Em termos internacionais, grupos no Reino Unido (*University of Manchester*, *University of Sheffield, Strahclyde University*) estão concentrados no estudo do fator humano no ambiente organizacional. Muitos destes se limitam a avaliar o clima organizacional e implicações na execução da tarefa, mas não conseguem correlacionar com índice de acidentes e perdas de processo. Conclui-se que os estudos são limitados a aspectos subjetivos na análise da Confiabilidade Humana, dificultando a quantificação da falha. Ainda na Inglaterra existem universidades que atuam em sistemas complexos conseguindo inserir aspectos humanos em sistemas técnicos através de modelos matemáticos, dentre as quais estão Oxford, Manchester e Lancaster.

Agências reguladoras de usinas nucleares afirmam em seus relatórios que os modelos matemáticos utilizados para predizer a falha humana são incertos na definição da taxa de falha devido a aspectos dinâmicos do comportamento humano e à falta de especialistas na área. O banco de dados levantado por especialistas não é confiável, não podendo ser utilizado em regiões diferentes, com comportamentos humanos distintos (NEA/CSNI, 2004).

As tarefas e/ou procedimentos que tornam possível os resultados econômicos para a indústria dependem de comportamento humano[3] inserido em ambiente sócio técnico. A eficácia da tarefa é medida pela aproximação em relação a determinado estado meta[4] e depende do cumprimento de padrões de comportamento na relação laboral.

Este trabalho interessa aos departamentos de Produção, Pessoas e SMS na indústria e trata do comportamento do trabalhador na execução da tarefa levando à maior produtividade e menor probabilidade de ocorrência de acidentes e de incidentes. A consequência imediata é a diminuição de perdas de processo como tratado em reuniões com a ABIQUIM para a apresentação do tema Confiabilidade Humana e Operacional.

A metodologia proposta é classificada como *Bottom-up,* por direcionar programas planejados do "chão de fábrica" para serem acordados com a alta administração. Inicia a investigação da

[3] Comportamento do trabalhador, principalmente o operador ou o supervisor de turno.
[4] Estado final a ser alcançado com a realização da tarefa.

eficácia na tarefa baseada no discurso do operador e do gerente (ocorrência no turno, acompanhamento dos processos e gestão da produção) e tem como meta desenvolver a aprendizagem sobre a falha operacional. Estes modelos de análise da confiabilidade operacional e humana consideram que os ambientes organizacionais em momentos de estresse (ambientes estressores) provocam alterações no comportamento do trabalhador.

Os modelos utilizados como referências para o trabalho de pesquisa são discutidos neste capítulo de revisão bibliográfica. A discussão sobre estes modelos e a proposição de novos viabiliza a preparação de heurísticas para a atividade de armazenamento, transporte e processamento de gases inflamáveis, que servem como base na validação das hipóteses deste trabalho de pesquisa.

2.2 CONTROLE OPERACIONAL E PROCESSOS COMPLEXOS

O assunto controle operacional do processo é pouco discutido na literatura técnica. Além de depender do conhecimento e da habilidade do operador para controlar os processos na rotina e diagnosticar os problemas decorrentes, também requer o controle operacional na capacidade de liderar mudanças, em trabalhos de equipe e na tomada de decisão.

Fitzgerald et al (1983) apresentam em seu artigo como se organiza a partida de uma planta petroquímica com detalhes, quanto à organização e aos recursos necessários. Neste artigo observa-se a necessidade de planejamento anterior quanto a recursos humanos e materiais e quanto à liberação da área, inclusive de equipamentos críticos. Citam que as possibilidades de falha durante a partida estão na operação, na manutenção, no projeto de equipamentos e em último lugar no processo da planta industrial. As mudanças nas condições de operação de equipamentos vêm como solução para estas falhas.

Segundo Perrow (1984), os processos industriais são considerados complexos quando: (a) há interligações entre unidades ou partes do processo que não são sequenciadas ou que não têm aproximação física, ocorrendo somente através de alinhamentos secundários. É o caso das utilidades, dos sistemas de selagem e dos sistemas de lubrificação em rotativos; (b) existem formas desconhecidas de *loops* de realimentação no processo, por exemplo, o alinhamento de

linhas de reciclo isoladas e aparentemente inexistentes; (c) existem interações não intencionais entre parâmetros de controle, como, por exemplo, o uso de *by-pass* em válvulas da malha de controle; e (d) os subsistemas estão interconectados com múltiplas linhas de reciclo.

Já Renesch (1993) afirma que o pensamento sistêmico nas novas organizações indica que os líderes vão se preocupar menos com os fatos da rotina e mais com as tendências e forças de mudanças subjacentes, em boa parte do tempo agindo de modo intuitivo. São sugeridos os seguintes comportamentos para atender ao paradigma do pensamento sistêmico: tratar as inter-relações entre sistemas e não as coisas ou entidades envolvidas; analisar os processos de forma contínua e não de forma discreta como uma fotografia; investigar além da culpa, procurando os processos complexos interligados e abertos; saber distinguir as complexidades dinâmicas (causa e efeito distantes no tempo e no espaço) das complexidades de detalhes (muitas variáveis relacionadas com o processo); concentrar-se em áreas potenciais para mudança máxima, não concentrando atenção nas soluções óbvias, pois estas não funcionam, apenas amenizam os impactos resultantes das consequências; evitar dar solução a sintomas que são apenas sinais de um processo de falha em andamento. A atenção está voltada para buscar a causas raízes dos problemas.

A complexidade das tarefas na indústria é resultado de processos industriais com múltiplas funções e interligações com reciclo físico, de energia e de informação. Neste ambiente complexo aplicam-se técnicas como: análise da tarefa por metas e requisitos; arquitetura da falha, identificando procedimentos e etapas (HOLLNAGEL, 1993); análise lógica da falha (função de fatores da falha na realização da tarefa); análise da conectividade entre fatores operacionais; análise de cronologia (tempo de ocorrência dos fatores da falha) e análise de materialização (transformação do discurso em corpo físico na falha operacional dentro dos equipamentos).

Segundo Ávila Filho (2004), a taxa de utilização de tarefas humanas em unidades fabris depende do tipo de processo onde, nas plantas químicas, com nível de automação alto e escala de produção elevada podem ocorrer erros humanos nas operações de controle de processo com alto impacto sobre questões ambientais, humanas, econômicas e patrimoniais. O mesmo ocorre em serviços realizados na indústria de energia atômica e no controle de tráfego aéreo,

ambos utilizam instrumentos de alta precisão e malhas de controle confiáveis, mesmo assim exigem atenção redobrada, pois, o erro humano pode provocar a morte de várias pessoas.

Ávila Filho e Santos (1998) aplicaram uma enquete sobre grupos de operadores para identificar quais as tarefas de rotina que mais impactam o meio ambiente. A metodologia "Rotinas limpas" identificou os dez principais problemas que surgem durante a operação: (i) vazamento em flange de tubulação; (ii) vazamento em bombas através da selagem e da lubrificação; (iii) vazamento em válvulas de bloqueio; (iv) gerenciamento de resíduos; (v) furo em trocadores de calor; (vi) operação de chaminés e lavadores de gases; (vii) drenagem de equipamentos; (viii) vazamento por corrosão externa de tubulação; (ix) descontrole de pressão; e (x) descontrole do sistema de vácuo. Os autores constatam que a maior parte das operações que provocam impacto ambiental não é comunicada ao setor responsável, as quais são frequentes, porém de baixo impacto. Este comportamento é compatível com a elevada frequência de erros humanos devido à omissão como apresentado por Reason (2003). Ávila Filho e Santos (1999) confirmam que o trabalho do operador é muito importante para evitar estes eventos que não aparecem registrados no livro de turno e acabam contaminando o efluente, o produto acabado ou até parando seções da planta, provocando acidente ou incidentes maiores com perdas de processo.

Ávila Filho (2004) reuniu uma série de técnicas que foram aplicadas na indústria e auxiliam na minimização de efluentes na fonte do processo. O operador de processo pode identificar o início de cadeias de anormalidades e qual o nível de conectividade entre elas, se possuir conhecimento global dos eventos.

Perlingeiro (2005) apresenta a análise e a síntese de processos com objetivo maior de escolha de tecnologia economizando, nos recursos econômicos. A configuração encontrada do processo pode levar a uma complexidade na topologia final indicando dificuldades na localização das falhas operacionais ou de suas causas; assim, muitas linhas de reciclo ou ramais podem configurar processo complexo. Normalmente, interligações secundárias (utilidade e reciclo) não são valorizadas no acompanhamento de processos na indústria química, não sendo, portanto, investigadas em caso de falha operacional.

2.3 REVISÃO: CONFIABILIDADE OPERACIONAL E HUMANA

2.3.1 Motivações

Ao discutir a Norma API770[5], Lorenzo (2001) citou os seguintes estudos: (a) acidentes na indústria petroquímica e de refino do petróleo por Butikofer (1986) com as seguintes causas para erros humanos: 41% referente à falha de projeto e de equipamento, 41% relacionam-se a erros da manutenção e do operador, 11% representam procedimentos impróprios ou inadequados, 5% a inspeção imprópria ou inadequada, e 2% representam causas variadas; (b) Estatística de Rasmussen (1989) de 190 acidentes ocorridos na indústria química, onde os erros humanos estão assim ordenados: 34% conhecimento insuficiente, 32% erro de projeto, 24% erro de procedimento e 16% erros de operador; (c) Estatística levantada por Coco (1998) e OSHA (1990) onde nos últimos 5 anos, 30 acidentes na indústria química e de petróleo provocaram danos a centenas de pessoas, contaminaram o ambiente e causaram mais de US$ 2 bilhões de dólares em prejuízo. O custo total dos erros humanos é incalculável.

Sebzali e Wang (2002) citam em pesquisa liderada pela Empresa Honeywell e realizada por Nimmo (1995), que os erros humanos correspondem a aproximadamente 40% das operações anormais. Em paralelo, estes autores citaram também estudos feitos pela comissão de segurança e de saúde no Reino Unido, realizada por Lardner e Fleming (1999), indicando que 80% dos acidentes envolvem erros humanos.

Já Frutuoso (2007), em palestra no Congresso de Atuação Responsável na ABIQUIM[6] apresentou razões para atuar na Análise de Confiabilidade Humana (ACH): (1) "os erros humanos responderam por US$ 563 milhões de prejuízos em acidentes nas maiores indústrias químicas até o ano de 1984..." segundo Garrison (1984); (2) "80 a 90% de todos os acidentes nas indústrias de processos químicos deveram-se a erros humanos", segundo Joschek (1981); (3) "os erros humanos responderam por 58% dos incêndios em refinarias", segundo Uehara e Hasegawa (1986).

---

[5] Norma da *American Petroleum Institute: Guide to Reducing Human Errors.*
[6] Associação Brasileira da Indústria Química.

Embora indique a alta probabilidade do erro humano, os critérios adotados para classificar e preparar estas estatísticas são diferentes e precisam ser uniformizados. Em alguns destes estudos, a manutenção e o projeto têm peso relativamente alto, mas na verdade isto indica o local ou a função envolvida com o erro.

2.3.2 Sistemas Administrativos e Cultura Organizacional

O ambiente organizacional (HANDY, 1978) é analisado em relação ao tipo de cultura e as implicações quanto à possibilidade de falha na equipe. Para cada tipo de cultura existe um comportamento adotado em relação à equipe na execução da tarefa.

Na cultura do poder, os chefes centralizam as decisões, o que diminui a necessidade por competências na equipe e aumenta a possibilidade de erros, provocando estado de moral baixo e baixa eficiência da organização em um mundo globalizado. Já na cultura dos papéis, os procedimentos são valorizados. As funções atribuídas são mais importantes do que os valores individuais provocando conflitos na análise de recompensa e reduzindo o compromisso na rotina do trabalho. Na cultura da tarefa, a mobilização das equipes gira em torno do projeto e o poder está presente na rede entre os vários projetos sendo, portanto, descentralizado. A cultura é adaptável, ideal para filiais em países estrangeiros, embora o moral dos grupos decline em disputa política. O controle da eficiência organizacional na rotina do trabalho é difícil e depende dos líderes de projeto, que devem ser melhores estruturados para as atividades de produção. Na cultura das pessoas, os valores individuais são importantes e a base do poder está nos especialistas, esta cultura é apropriada para negócios de alta tecnologia.

A cultura organizacional na indústria química depende de situações econômicas diferentes, em regiões específicas e com costumes distintos, sendo resultante da fusão dos vários tipos de cultura. A cultura do poder facilita a decisão rápida, mas, independente dos desejos da organização para a sua missão, o corpo de trabalho tem se tornado mais crítico no seu comportamento no ambiente laboral, com operadores de nível superior questionando a tomada de ações com argumentos factíveis. As situações emergenciais, por outro lado, devem ser

tratadas com lideranças estabelecidas e fortes, com centralização e autoridade para evitar atraso na tomada de ação.

A eficiência organizacional depende fortemente do desenvolvimento dos trabalhos pela equipe sendo desejável, a cultura da tarefa. O contrato psicológico entre empregado e empresa promove o compromisso do trabalhador para a execução da tarefa e que indicam premissas para o trabalho na organização. A análise de recompensa do empregado em relação à empresa deve indicar o compromisso do empregado em relação à empresa e vice-versa, de modo a viabilizar a autogestão, tão desejada em tempos atuais. O homem tem papel importante para alcançar as metas organizacionais e é influenciado por aspectos como liderança, ambientes e estruturas, como na Figura 2.4. Estes aspectos resultam em processos típicos de tomada de decisão, sendo adotados pelo líder da equipe na produção, onde sua assertividade e conhecimento das alternativas devem ser valorizados.

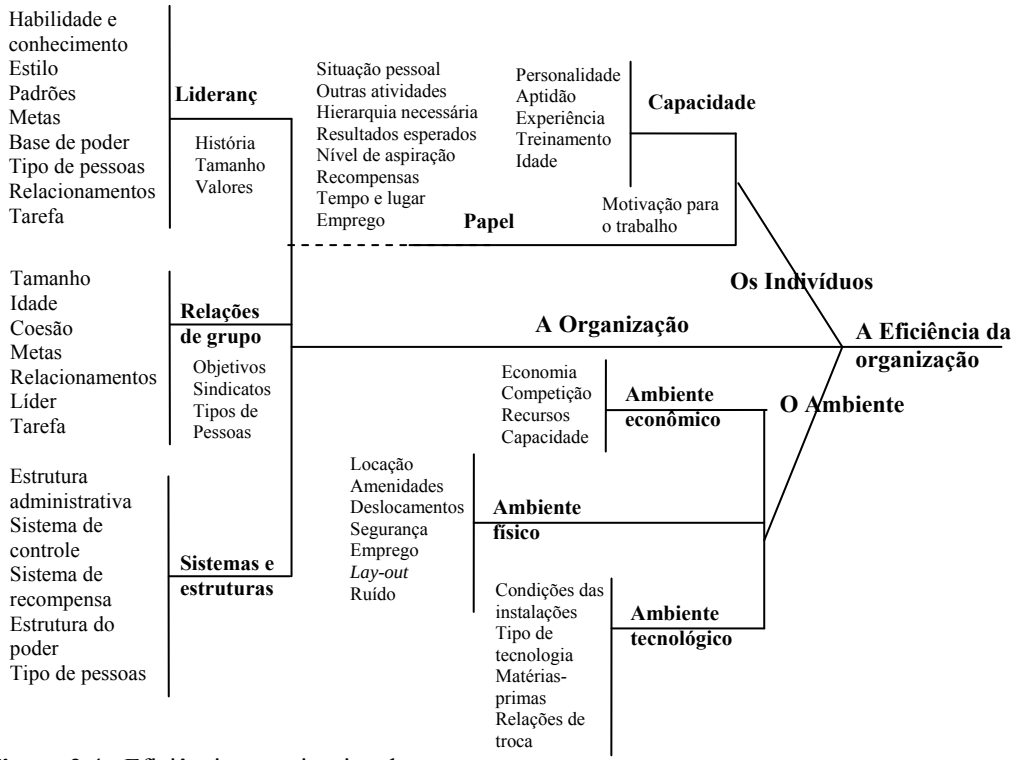


Figura 2.4 - Eficiência organizacional.
Fonte: Handy, (1978)

Drucker (1990) foi o pioneiro na sugestão de um modelo gerencial que atendesse às necessidades para atingir a eficiência organizacional. Defende a possibilidade de formatação

de gerentes eficazes, apesar das diferenças pessoais e de alterações do ambiente sócio-econômico. Defende a liderança sobre as equipes, tornando-as produtivas através do uso eficaz do tempo e das decisões acertadas, levando à sustentabilidade da organização nas questões econômicas e ligadas ao ambiente natural. No entanto, não aprofunda as relações grupais e os aspectos intuitivos e afetivos da administração da produção, os quais constituem demandas atuais dos novos negócios neste mundo globalizado.

Os rituais de formação de grupos discutidos por Lapassade (1989) são importantes e possibilitam o fortalecimento das estruturas organizacionais através de vínculos afetivos entre empresa e empregados ou entre líderes e liderados. Estas relações podem ser impactadas por características não apropriadas da Cultura Brasileira (MOTTA e CALDAS, 1997), podendo provocar "estados doentios" na organização, que atrapalham a conquista da eficiência organizacional. Assim, internalizando as questões da cultura brasileira na realização da tarefa em grupo (Figura 2.5), citam-se os seguintes aspectos: (a) o excesso de formalismo inibe as iniciativas da equipe e das lideranças informais, prejudicando a cooperação e a produtividade; (b) o paternalismo em torno da equipe ou de pessoas promove proteções indevidas para a manutenção do poder (HANDY, 1978), indicando formação de "castelos" (ou pequenos grupos) que realizam a tarefa por diferentes motivações; (c) a lealdade sem critérios, ou seja, a fidelidade "cega", provocando dependências excessivas da equipe em relação ao líder e contrária à autogestão (LAPASSADE, 1989; RENESCH, 1993; MOTTA, 2004); (d) o excesso de flexibilidade com atitudes que procuram evitar a qualquer custo situações de conflito (no dito popular, o chamado "deixa disso"), atitudes que levam liderados a posições "fracas" e postura de expectador, prejudicando a análise de problemas complexos que exigem a base de conhecimento de grupo maior.

Adicionado aos vícios da Cultura Brasileira, as mudanças de comportamento provocadas pela Cultura de Massa[7] impactam sobre o sistema de produção, afirmando a importância de fomentar a construção de vínculos entre o operador e o trabalho. Esta estratégia resulta em organizações (RENESCH, 1993) mais integradas com os ambientes, permitindo alcançar maior eficiência, e se baseiam na prática da cooperação (DEJOURS, 2007) e nas relações éticas em busca da sustentabilidade.

[7] Cultura da globalização, onde a venda em massa e a propaganda influenciam os comportamentos.

O clima organizacional existente na empresa pode gerar situação de união resultando no fortalecimento do vínculo, ou fragmentação, dependendo da sintonia entre os valores individuais e da cultura organizacional na empresa (ÁVILA FILHO, 1995b). O crédito dado pelos empregados às Políticas, Missão e Visão da Empresa vai influenciar diretamente a forma de atuar dos indivíduos e das equipes. O sistema gerencial que deve caminhar em sintonia com as diretrizes organizacionais da empresa influencia no posicionamento dos empregados e das equipes em relação à política deliberada pela organização. Assim, dependendo da cultura empresarial e dependendo do tipo de negócio e respectiva tecnologia, pode haver a propensão ao erro humano durante a execução da tarefa.

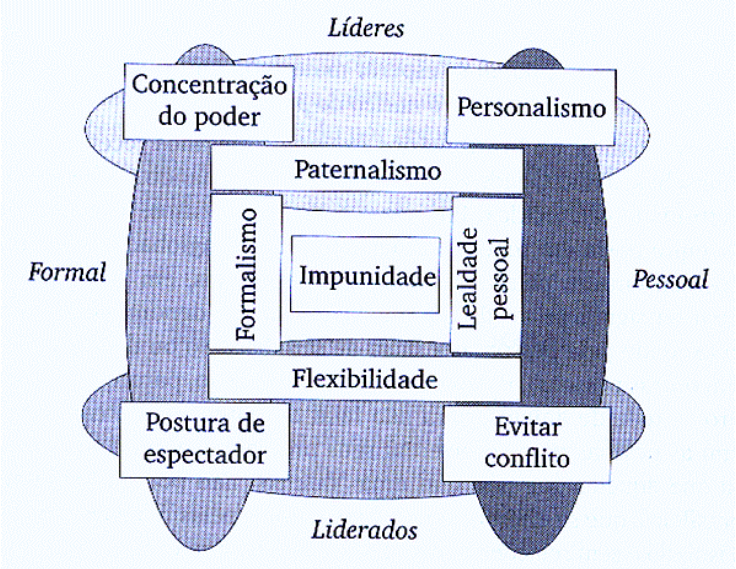


Figura 2.5 - Estilo Brasileiro de administrar
Fonte: Motta e Caldas (1997)

Lees (1996) reafirma alguns aspectos organizacionais que influenciam no trabalho do turno e são subjetivos na sua aplicação, onde: (1) a qualidade da comunicação do gestor ou do líder afeta a eficácia da tarefa; (2) a qualidade da informação e a base de conhecimento impactam sobre o planejamento da tarefa e situações de emergência; (3) a falta de assertividade na verificação das habilidades desejadas para a realização da tarefa pode provocar insucesso para atingir estados finais desejados no processo; (4) a definição das funções no turno de forma intuitiva, sem estabelecer critérios baseados na no tipo de comportamento, sofre vieses que provocam baixa credibilidade da equipe; (5) o senso de justiça "difuso" no estabelecimento da política de recompensa gera dúvidas na equipe quando se discutem os valores individuais e

organizacionais; (6) a liderança formal no turno pode estar na contramão do pensamento da equipe, gerando o descrédito do grupo em relação ao gestor; (6) a forma de constatar as necessidades de treinamento pode levar a baixa competência instalada no turno; (7) a falta de medição da eficiência e eficácia de treinamentos na rotina pode prejudicar o desenvolvimento das habilidades demandadas pela tecnologia; (8) a comparação indevida entre valores individuais e da organização pode gerar baixo compromisso e sensação de não recompensa no trabalho; (9) a identificação da motivação atual da equipe para agir na execução da tarefa permite maior rapidez nas atividades do turno e; (10) a atribuição indevida de responsabilidades para certas atividades pode levar ao descrédito em relação à gestão da produção.

Os novos desafios ambientais socioeconômicos e naturais impõem a necessidade de novas tradições nos negócios, Renesch (1993). Assim, a evolução humana decorrente da globalização (KUMAR, 1997) influencia o ambiente de trabalho, onde se afiguram personalidades transitórias (SENNETT, 2005) que se comportam de forma egoísta e instável. Os sintomas que indicam mudanças na personalidade (FADIMAN e FRAGER, 2002; DALGALARRONDO, 2000) coincidem com as classes de erros humanos analisados, dentre estas: falhas na memória, deslizes na ação e na comunicação e desrespeito às regras sociais (no trabalho). É essencial realizar o estudo da origem do erro humano para aumentar a competitividade na indústria química através de decisões rápidas e evitando a escalada de aumento das restrições nas normas regulamentadoras do trabalho.

Esta nova necessidade ambiental global gera alteração em todos os ambientes em que a indústria química está inserida: no ambiente econômico, novas tecnologias envolvem novos riscos com equipamentos e processos, tecnologias antigas precisam ser mais bem operadas para evitar perdas materiais e de energia; no ambiente ocupacional, novas imposições da legislação e da própria sociedade geram multas e mudanças de comportamento na indústria; no ambiente social, existe o conflito entre a corrente ambientalista que solicita redução de consumo de produtos e a corrente da cultura de massa, que provoca a compulsão às compras (SENETT, 2005).

Dentro do ambiente de trabalho aparecem situações de descontrole na tarefa, resultante do estresse provocado pelos novos paradigmas nas áreas ambiental, econômica e social. França e Rodriguez (apud SOUZA et al. 1999, p.21) afirmam que “as tensões no local de trabalho

diminuem a eficiência das pessoas e em consequência sua produtividade, gerando assim, pressa, conflitos interpessoais, desmotivação, agressividade, isolamento, enfim, um ambiente humano destrutivo com possibilidades de atraso, greve, absenteísmo, violações, alta rotatividade, vínculo fraco entre as pessoas e relacionamentos caracterizados por rivalidade, desconfiança, desrespeito e desqualificação". Esta situação de instabilidade provoca alteração das funções psicológicas gerando situações propensas ao erro humano no ambiente de trabalho, com grandes possibilidades de emergir acidentes e eventos anormais que levam ao incremento das perdas de processo.

Hetherington (2004) afirma que o estresse é impactado pelos seguintes mecanismos de processamento das informações: (1) mudanças fisiológicas e alteração do estado de excitação; (2) redução de canais para a atenção e a cognição, diminuindo a velocidade de resposta; (3) distração, prejudicando a continuidade do pensamento; (4) perda de memória de trabalho, gerando baixa eficácia na tarefa; (5) repetição das estratégias e soluções, perdendo criatividade e; (5) mudanças estratégicas contínuas sem vínculo para finalizar trabalhos.

Assim, o conflito entre culturas locais e globais, os desafios para a sustentabilidade e as personalidades de comportamento oscilantes indicam que a seleção e o desenvolvimento de competências são, cada vez mais, atividades estratégicas para a indústria química.

Prahalad e Hamel (1990) definem competência essencial como a aprendizagem coletiva na organização para coordenar diferentes habilidades na produção e integrar múltiplas correntes de tecnologia. Muchinsky (2004) analisa e compara competências na rotina da administração e afirma que a competência resultante da seleção com desempenho projetado para o futuro após o processo de desenvolvimento pode não coincidir com a competência real instalada. Neste caso, é importante analisar as competências demandadas pela tecnologia e comparar com as competências aplicadas na rotina e, a partir disso, programar ajuste de competências. Uma boa estratégia é usar os sinais emitidos na rotina da operação como base de dados para análise de competências. Prahalad e Hamel (1990) aprofundam a discussão sobre os tipos de relações socialmente complexas, onde existe uma relação cruzada forte entre funções com facilidades de comunicação, aspecto corroborado na pesquisa de Bond et al. (2003), que afirmam existir associação entre complexidade social e a função cognitiva.

Valle (2003, p.163) discute o tópico desenvolvimento de competências para lidar com contextos sociais mais complexos, admite que "o conceito de qualificação transladou-se de abordagem objetivista, para onde o ser humano adapta-se à exterioridade objetiva do posto de trabalho, para uma abordagem parcialmente intersubjetiva, onde os saberes, a participação, o comprometimento, a comunicação e a autonomia não são padronizáveis".

Para administrar a produção em meio a contextos sociais mais complexos e contextos econômicos dinâmicos é necessário definir estratégias para a tomada de decisão gerencial. Simões et al. (2002) afirmam que, na tomada de decisão uma alternativa dominante é escolhida para a execução da tarefa e confiam que, quando se colocam especialistas para a decisão, os vieses são anulados, indicando assim a melhor alternativa ou o melhor comportamento para a gestão.

As oscilações do comportamento humano alteram a decisão, sendo fundamental a realização de estudos dos comportamentos do trabalhador na rotina e na emergência para evitar surpresas no comportamento da equipe. É importante investigar a influência da memória passada, que promove ambientes estressores e altera as decisões dos líderes da equipe do turno.

Neste momento, a discussão sai do campo da cognição para as necessidades de um novo gerente intuitivo, atendendo aos paradigmas atuais da globalização e desafios ambientais, onde a centralização perde valor na administração das equipes de produção. Para discutir Confiabilidade Humana é essencial realizar pesquisas do tipo *Bottom-up* (de baixo para cima) evitando trabalhar somente com a observação, e processar dados oriundos da rotina operacional. O gerente do futuro valoriza os aspectos intuitivos da gestão da produção (MOTTA, 2004), inclusive a subjetividade inerente à cultura técnica na empresa. Apesar de considerar o perfil gerencial importante para a eficiência organizacional, não trata diretamente de falha operacional e de acidentes.

Motta (2004) apresenta a necessidade de ações na linha da razão e da intuição para administrar equipes na organização: assim, na entrevista do gerente com o operador, a primeira impressão (intuitiva) é tão importante quanto o resultado dos testes cognitivos.

Os gerentes atuais se deparam com situações arriscadas para a sustentabilidade, potencializada pela presença de um grupo despreparado e descompromissado com os resultados da empresa. Motta (2004) recomenda decisões racionais "temperadas" com ações impulsivas do processo intuitivo para atingir os objetivos de eficiência organizacional. Ao contrário de Simões et al. (2002) que defendem estratégia mais cognitiva e racional, Motta (2004) defende que o processo decisório seja fragmentado e onde a solução de problemas possa não ser através de pensamento linear envolvendo a aleatoriedade como a técnica de *brainstorming*.

O perfil gerencial dos líderes da operação define a funcionalidade e a fidelidade da equipe, que influencia sobre a sua produtividade e desenha a cultura de segurança na empresa.

2.3.3 Aspectos relacionados à Cultura de Segurança

A investigação sobre a anatomia de acidentes com o detalhamento da função de cada estrutura envolvida analisa as consequências, os seus impactos, a frequência e possibilita recomendar ações gerenciais ou tecnológicas, como a instalação de mecanismos de defesa nos equipamentos e instrumentos de processo. Para cada análise efetuada sobre a anatomia da falha ou dos acidentes, é importante ampliar os conhecimentos para os campos organizacionais, econômicos, sociais e a respectiva legislação.

Segundo Kirwan (1994), alguns acidentes são "quase impossíveis" de serem preditos, enquanto outros podem ser preditos e evitados por técnicas que avaliam o erro humano. Aqueles que são "quase impossíveis" são considerados imprevisíveis devido à flutuação do comportamento humano, daí a necessidade de estudar os tipos humanos e seus comportamentos nos momentos de rotina e de estresse.

Rasmussen (1997) enfatiza a multidisciplinaridade na definição dos modelos para detectar erros humanos na tarefa, tanto no processo de decisão quanto na tomada de ação. Estes modelos dependem do ambiente dinâmico no posto de trabalho e da resultante organizacional com a execução da tarefa, configurando cenário complexo que utiliza estrutura de controle

adaptativo para o sistema produtivo. Segundo Rasmussen, uma instrução da tarefa não pode ser adotada como padrão inflexível porque ocorrem alterações ambientais e das ferramentas utilizadas. Portanto, não se deve julgar a não realização da tarefa de forma "exata" ou como comportamento inadequado do indivíduo e do grupo (LEES, 1996; EMBREY, 2000). Rasmussen (1997) afirma ainda que o desempenho de sistemas produtivos é satisfatório quando os resultados observados se aproximam dos padrões, indicando estabilidade no comportamento das pessoas, dos equipamentos, dos processos bem como a satisfação da comunidade. Assim, é importante identificar as melhores práticas operacionais (EMBREY, 2000) que configuram os padrões a serem mantidos e atingidos para o desempenho da equipe e dos processos.

A análise da multidisciplinaridade indicada por Rasmussen (1997) não avança na análise de dominância da cultura organizacional da matriz sobre a cultura regional, ou sobre a cultura global ou de massa. Assim, a análise de dominância da cultura se torna ainda mais complexa quando ocorrem as fusões entre empresas no segmento da indústria química ou quando a corporação permite migração de empregados entre localidades diferentes. A *multicultura* instalada no corpo de trabalho pode provocar instabilidade na relação interpessoal, com possibilidade de gerar erros humanos.

Lemos et al. (1995) apresentam formas de processar os dados baseados em diferentes visões da falha com a modelagem do domínio, de abstrações do ambiente e do sistema. Também desenvolveram análise iterativa e incremental de necessidades para segurança em sistemas críticos.

Estratégias de segurança são desenvolvidas para garantir que os estados de perigo sejam evitados e que a integridade do sistema seja mantida na presença de falhas em seus componentes. Lemos et al. (1995) citam conceitos específicos de segurança onde o sistema inserido em ambientes se altera com o tempo mostrando a necessidade de desenvolver modelos dinâmicos. A análise dos fatores humanos e a influência destes na falha de sistema demonstram a importância de saber trabalhar causas humanas em falhas de sistemas técnicos.

Segundo Kletz (1999) alguns estudos são realizados em novos projetos, para plantas novas ou plantas em operação, buscando evitar acidentes incluindo: identificação de perigos básicos,

identificação e avaliação de perigos significantes usando a técnica Hazan[8], análise de risco usando Hazop[9], verificação quanto à implantação das decisões tomadas, inspeção final e auditoria de segurança. Define-se Hazop como técnica que apresenta oportunidade para pensar nas possíveis formas de perigos ou problemas operacionais.

Nestas técnicas para análise de risco a questão humana não é discutida, limitando-se a condições de processo em novos projetos. Muitas das possibilidades de falha não são discutidas e o grande desafio é saber trabalhar quantitativamente o fator humano nas análises de risco, como LOPA (análise por multicamadas) e FTA (árvore de falha).

O desenvolvimento de sistemas de controle de processos e de segurança encontra-se baseado em eventos históricos considerados previsíveis, mas a realidade demonstra que acidentes podem ser provocados por situações imprevisíveis, conforme afirma Llory (1999) ao analisar os acidentes ocorridos em Bhopal e Chernobyl, por exemplo. Uma discussão difícil e desafiante emerge onde ocorre o resgate da voz do operador e da alta direção sobre os eventos iniciadores dos acidentes. Grande parte dos motivos investigados que resultam nos acidentes foi originada por ações humanas e por razões baseadas em clima organizacional ou em decisões de ordem econômica.

Para evitar que falhas latentes (HOLLNAGEL, 1993) se transformem em falhas ativas buscam-se o bloqueio ou a mitigação do evento iniciador ou dos fatores que fazem parte dos acidentes e incidentes. Assim, são instalados mecanismos de defesa ou de proteção contra acidentes, como instrumentos (por exemplo: válvulas de segurança) ou ainda ações gerenciais (por exemplo: funções sobrepostas para inspeção pela operação). Estes mecanismos, quando aplicados de forma múltipla, trazem "maior" conforto para a equipe de operação ou para a gestão da produção. Estas redundâncias múltiplas acabam promovendo erros humanos de falta de atenção ou de falha de memória, devido à diminuição da percepção e do esforço de processamento cognitivo. Este efeito negativo pode ser incrementado se não houver o devido compromisso do operador com a execução da tarefa.

Para a análise de risco quantitativa são discutidos métodos que se transformaram softwares disponíveis no mercado. Smith et al. (2002) apresentaram um software para acompanhar a

[8] *Hazard Analysis.*
[9] *HAZard and OPerability Studies.*

análise de falha em sistemas de energia nuclear, denominado SAPHIRE. Os módulos que fazem parte do SAPHIRE são dinâmicos e utilizam modelos lógicos que se baseiam em regras.

O modelo de queijo suíço citado nos trabalhos de Reason (2003) é ajustado para representar a aplicação de redundância nos mecanismos de defesa, como indicado na Figura 2.6. Os quadrados azuis representam entidades ou estruturas na anatomia do acidente na primeira etapa de decisões. Este acidente ocorre no ambiente de realização da tarefa em sistema sócio-técnico, representado como um cubo. Assim, os operadores são os primeiros que podem evitar a falha, depois a própria forma de executar a tarefa com requisitos e autorizações pode trabalhar para evitar a falha; logo após, em cada equipamento ou instrumento podem ser instalados dispositivos (físicos) e medidas gerenciais para evitar a falha. Se ocorrer o nascimento da falha através da ativação da falha latente, ocorre o aparecimento da seta vermelha tracejada, que pode atravessar as entidades ou estruturas participantes da anatomia do acidente ou da falha maior. Caso a seta tracejada atravesse todas as estruturas, seu destino final é o acidente. Antes que isto aconteça são projetados mais três níveis de proteção ou mecanismos de defesa, retângulos roxos na Figura 2.6. O sistema é analisado e classificado pelo SIL[10], levando à necessidade de alterações de proteção. Estas proteções adicionais desativaram a possibilidade da falha original (seta tracejada), mas com a instalação dos mecanismos, o operador "ficou imprudente" nos seus controles cognitivos e de percepção e também pulou etapas na realização da tarefa. Isto significa que abriu novos defeitos estruturais (ativou outras características dos equipamentos e instrumentos) na realização da tarefa, que possibilitou o nascimento de novo processo de acidente (seta vermelha contínua) alterando os fatores envolvidos nesta nova anatomia e provocando o acidente de forma não esperada.

[10] Níveis de classificação para investimentos com Sistemas instrumentados.

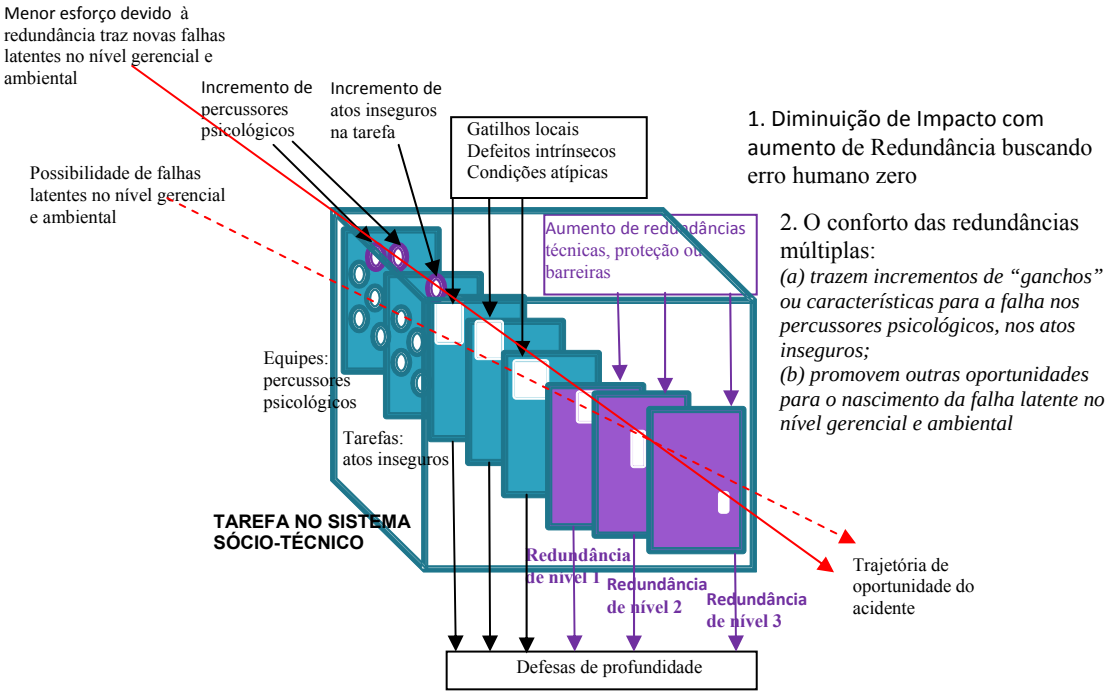


Figura 2.6 - Efeitos da Redundância em Mecanismos de Segurança.
Fonte: Autoria própria.

2.3.4 Erro Humano no Controle de Processo e da Operação

Swain e Gutmann (1983) desenvolveram uma técnica denominada THERP (*Technique for Human Reliability Analysis*) para predizer a probabilidade de falha do homem na realização de tarefas na Indústria Nuclear. Este modelo estuda a tarefa de rotina, decompondo-a em etapas relacionadas com o tempo. Para o cálculo da probabilidade de falha humana utilizam-se fatores delimitadores (PSF= *Performance Shaping Factor)*, que são características importantes para o desempenho da equipe.

Pelos critérios adotados por Swain e Gutmann (1983) para o modelo THERP, as probabilidades de ocorrência dos acontecimentos seguem modelos estáticos (comportamento repetitivo), limitando sua utilização para instalações industriais ou de serviços específicos e em épocas ou momentos previamente estabelecidos (HIRSCHBERG, 1998).

Hollnagel (1993) discute a possibilidade de erros humanos na execução da tarefa em sistemas tecnológicos, levando em conta o equilíbrio da energia de perigo (ou energia da falha

operacional) em acidentes. A identificação das causas de erros humanos depende da complexidade das tarefas na indústria, ou seja, das múltiplas funções e interligações com reciclo físico, de energia e de informação.

Para analisar o erro humano neste ambiente complexo aplicam-se algumas técnicas desenvolvidas: análise da tarefa por metas e requisitos; arquitetura da falha identificando procedimentos e etapas (HOLLNAGEL, 1993); análise lógica da falha (função de fatores da falha na realização da tarefa); análise da conectividade entre fatores operacionais; análise de cronologia (tempo de acontecimento dos fatores da falha); e análise de materialização (transformação do discurso em corpo físico na falha operacional dentro dos equipamentos). Também se discutem aspectos do processamento cognitivo e da sua relação com as metas da tarefa. Hollnagel discutiu várias análises para identificar erros humanos, como: análise das funções sociais, análise hierárquica na decisão (COCOM), análise de linha de tempo, análise cognitiva e sequência operacional das etapas de um procedimento. É importante adaptar estas técnicas de tratamento de dados para a rotina da operação, possibilitando a identificação das causas de falha na tarefa da operação.

Na indústria química e nuclear, a grande quantidade de dados (GOLDRATT, 1992), que inunda como um oceano os sistemas de controle, acaba atrapalhando os momentos de decisão no turno, como indicado na Figura 2.7. A análise do problema precisa ser simplificada a partir da priorização das ações com base nos principais objetivos da organização. A complexidade na tomada de decisão (SIMÕES et al., 2002) se dá quando existem vários objetivos que competem pela atenção dos líderes na operação: a quantidade produzida, o custo de produção, a qualidade do produto, a produtividade, a segurança, a saúde para os empregados, para a população e a preservação de "territórios" na organização.

Segundo Lees (1996), os erros humanos podem atrapalhar a detecção, o diagnóstico e a correção das falhas de processo, dentre estes: a percepção incorreta, a observação apressada, provocando problema na tomada de decisão, a identificação inadequada dos fatores ambientais e estruturais e os dados não confiáveis na análise da falha. Afirma que a detecção de falhas através dos órgãos dos sentidos facilita a interpretação de informações oriundas do processo. Ao comparar estas informações com o estado padrão busca-se a identificação de falhas ou a necessidade de alteração deste padrão. Apresenta procedimentos para tratar a falha de processo na planta industrial iniciando pela detecção de falhas em equipamentos e

instrumentos através da presença de ruídos, análise das cartas de leitura e variações de sinais. As malhas de controle de processo buscam manter o estado no padrão e indicam, através de alarmes, as alterações ocorridas: cabe ao homem perceber o problema nascente, verificar a causalidade e agir para evitar o seu crescimento. Às vezes estas ações são complexas, envolvem várias pessoas e seções de processo que requerem técnicas auxiliares para análise. Eventualmente falta à equipe de operação base de conhecimento suficiente para a construção de mapas mentais, levando à decisão por alternativas incorretas na análise de alternativas para a decisão.

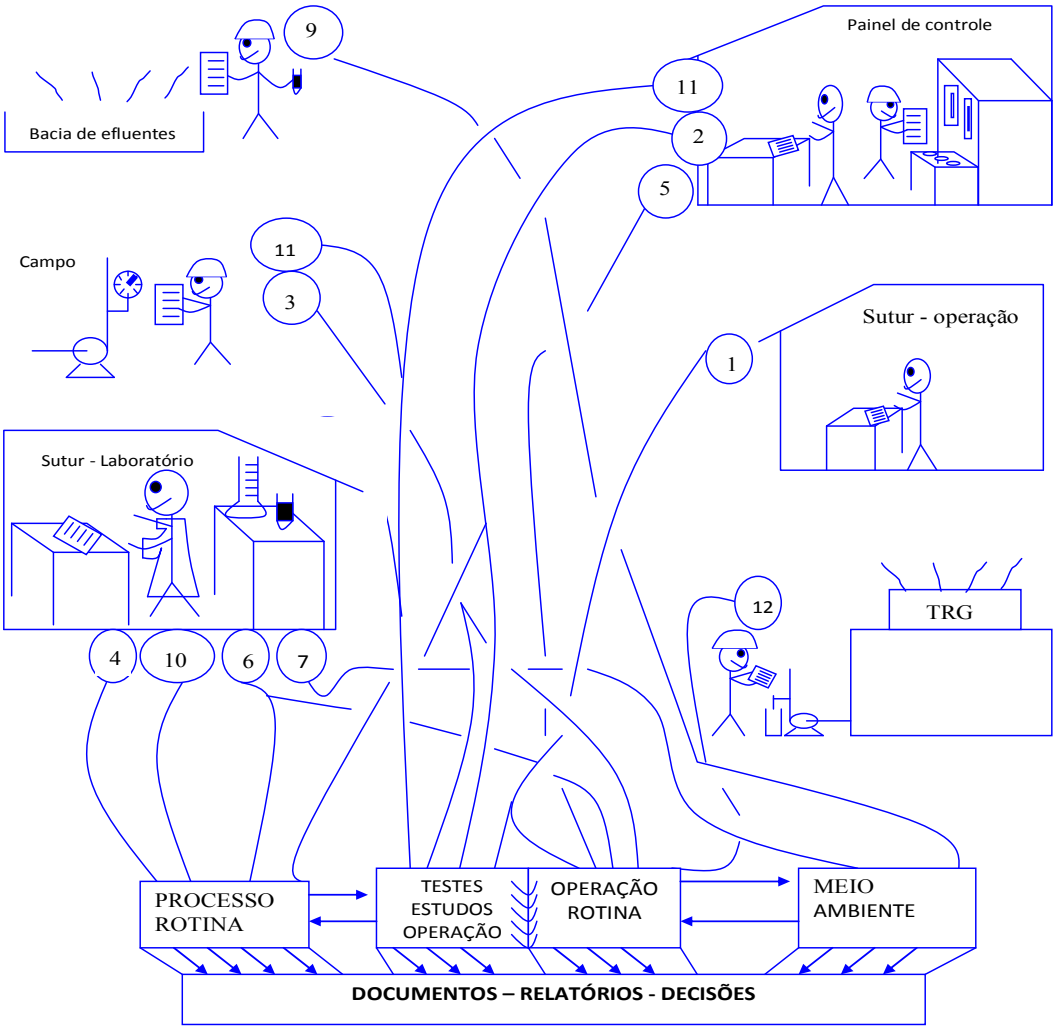


Figura 2.7 - Fluxo de Informações na Produção
Fonte: Ávila Filho (2004).

A aprendizagem e o treinamento de operadores em sistemas complexos são discutidos por Rauterberg e Felix (1996), com a forte influência da área de inteligência artificial. A maior parte dos argumentos em relação à intuição e ao conhecimento implícito é apresentada por especialistas. A importância de falhas e erros é discutida para estruturas cognitivas onde se explica como o conhecimento sobre comportamentos indevidos influencia o processo de tomada de decisão. Segundo Rauterberg e Felix (1996), o erro humano é provocado por fatores intrínsecos da personalidade e por aspectos externos à tarefa ou ambientais e detalha da seguinte forma: falta de informação, falta de motivação, falta de conhecimento, falta de qualificação, sub ou sobre-estimativa da tarefa, complexidade de contexto, projeto de ferramentas não ergonômicas, *opinião* não apropriado.

Pasquini et al. (1997) trabalham com a interface homem-máquina (IHM) no sentido de aperfeiçoar o desempenho humano e reduzir a probabilidade de falhas. Para se iniciar a análise de falha de sistema consideram-se o equipamento e o homem separadamente, cada qual com estruturas e procedimentos. A maior confiabilidade nos procedimentos leva a uma melhor IHM e ao melhor desempenho do operador.

Pasquini et al. (1997) apresentam na Análise de Confiabilidade de Sistemas aspectos sobre a ciência cognitiva no controle de processos. Utilizam modelos cognitivos complexos para a quantificação de seus elementos e respectivas interações, também são usados para considerações qualitativas aplicadas a treinamento, projeto de equipamento e de procedimentos. As considerações quantitativas estão relacionadas a aspectos temporais da aprendizagem humana nas áreas motora e de percepção, sendo possível avaliar a confiabilidade relativa entre dois grupos de operadores, comparando o tempo entre falhas na realização de tarefas.

Os aspectos que envolvem o contrato psicológico e que não foram discutidos por Pasquini et al. (1997) podem gerar incoerências nas conclusões quanto à aprendizagem dos operadores na tarefa e a aplicação na tarefa, faltando inserção de heurísticas que envolvam o ambiente organizacional.

Os principais fatores que influenciam na confiabilidade humana (MUMMOLO, 1999) estão relacionados com o ambiente, o tipo de tecnologia, o IHM de equipamentos e os processos gerenciais. Para analisar formas de incrementar esta confiabilidade na indústria é essencial

classificar os erros humanos e a sua relação com o comportamento no ambiente de trabalho. O planejamento da tarefa é importante para a Confiabilidade Humana na operação de equipamentos onde existe a necessidade de verificação e de acompanhamento durante a sua execução. A Confiabilidade Humana também tem relação direta com o nível de automação dos processos produtivos. Mummolo (1999) questiona os métodos de cálculo da confiabilidade de um componente em relação ao sistema e que tipo de correlação matemática pode existir. Afirma que é possível definir o tempo médio para falha com sistemas humanos semelhantes aos cálculos com equipamentos.

A complexidade de trabalhar o elemento humano em ambientes sócio-técnicos é bem maior do que a complexidade de controle dos equipamentos e dos processos na indústria. As atividades de aprendizagem envolvem a construção de conceitos que são reafirmados com a motivação organizacional; neste campo entram a abstração e o imaginário, sendo a resultante o nível de competência aplicado no ambiente de trabalho. Assim, cuidados devem ser tomados para analisar o comportamento humano no ambiente de trabalho e especialmente em situações de elevado estresse.

Sutcliffe et al. (1999) afirmam que a investigação sobre erro humano pretende melhorar a usabilidade dos equipamentos e do IHM, permitindo fazer as mesmas coisas em menos tempo e mais eficientemente, evitando assim o retrabalho. Ao detectar a causa do erro humano e tomando as ações devidas, o fluxo global de trabalho é melhorado, reduzindo a probabilidade de erro. Os erros humanos podem levar a erros de processamento de informação nos sistemas e pode provocar acidentes graves, nos casos de energia nuclear ou de aeronaves. Já no planejamento da tarefa é importante definir fatores influenciadores para o usuário e para a sua execução da tarefa. Alguns cenários do estado esperado do processo são construídos como resultante da tarefa realizada. Desta forma, os requisitos para modelagem e predição da falha devem estar disponíveis para cálculo da probabilidade do erro humano. São realizadas a modelagem e a simulação da nova situação, e finalmente são definidas as lógicas para que ocorra o erro humano.

O banco de dados para tratar o erro humano e a falha operacional tem origens diversas na organização e, portanto, é de difícil organização (HAN et al., 2000). Desenvolveram metodologia, ferramentas de *software* e banco de dados necessário para análise de risco

quantitativa, gerando *software* de análise com sinalização gráfica dos resultados em mapa geométrico.

Embrey (2000) apresenta uma técnica para análise da tarefa, intitulada CARMAN, que busca o discurso do operador através de questionários sobre o uso de procedimento unindo informações da tecnologia e dos riscos ocupacionais na forma de manual de boas práticas em consenso com a equipe operacional. Procura aproximar a tarefa escrita das melhores práticas realizadas, mas não identifica o nexo causal do erro humano ou operacional nem o compromisso do operador em realizar a tarefa. Embrey propõe a preparação de procedimentos que indiquem as melhores práticas, tão importantes para a eficiência organizacional. Sua metodologia não avança na etiologia do erro humano e não trata o comportamento como fator que pode provocar grandes acidentes. O autor também afirma que os procedimentos de referência fornecem a base para o conteúdo de treinamento, avaliação de competências, e como guia de desenvolvimento para suporte técnico *online*. No material de treinamento, além das instruções para a realização da tarefa, devem constar as possibilidades de falha, sua anatomia e as ações preventivas. Outro documento importante e não discutido é o padrão para a análise do comportamento do operador, do gerente e da liderança no turno, indicando quando se inicia a falha latente na dimensão social, permitindo tomadas de decisão para bloquear a sequência de eventos anormais que podem levar ao acidente.

Neste sentido, vale ressaltar que, para Lees (1996), o planejamento dos procedimentos depende do conhecimento e sua validação é baseada nas habilidades, e sua revisão deve ser realizada de modo continuado. Já Embrey (2000) confirma que a redação deve seguir a linguagem coloquial local que reproduza a forma da redação aceita pela operação naquela região, naquela empresa e naquela época. Porém, este não avalia a situação onde a equipe possui operadores oriundos de várias regiões, sendo possível ocorrer problemas de linguagem e de costumes que geram conflitos grupais e erros humanos; normalmente estas falhas são latentes e impactam a tarefa no planejamento e na execução. Tanto Lees quando Embrey não atentaram que a análise da tarefa acontece em paralelo com a identificação de ambientes estressores e com a identificação dos tipos humanos na instalação industrial.

Lorenzo (2001) confirmou alguns objetivos para a avaliação da confiabilidade humana na indústria química: (1) identificar os fatores humanos no processo de análise de perigo nos procedimentos de partida e de parada de caldeiras; (2) determinar a probabilidade de um erro

humano provocar vazamento químico tóxico durante o carregamento de um caminhão; (3) identificar os erros humanos mais prováveis que causariam uma reação em cadeia, e identificar as melhores maneiras de aumentar a segurança; (4) comparar três procedimentos e graduar de acordo com as suas probabilidades de erros humanos; (5) determinar a probabilidade de que uma bomba reserva fique indisponível após um erro de manutenção; (6) identificar maneiras de reduzir a probabilidade de falhas humanas causarem interrupções do processo, melhorando assim a relação custo-benefício em atuar com confiabilidade humana; (7) estimar em quanto à redundância de um segundo engenheiro para verificar parâmetros de processo, de forma independente, reduziria a probabilidade de geração de produtos fora das especificações a partir do mesmo processo produtivo.

Lorenzo (2001) exemplificou e discutiu como indicado na Figura 2.8 quais as principais situações que podem provocar o erro humano, mas não apresentou formas de corrigir estes erros, citando somente que seria através de mudanças nas estruturas, procedimentos e políticas.

Stanton et al. (2001) discutiram a falha humana na utilização do sistema supervisório e que depende de fatores de IHM, como: nível de conhecimento, nível de habilidade, tipo de tarefa realizada, tipo de tela para controle por fluxograma ou por mapa (IHM) e aproximação física da equipe em relação ao objeto de controle.

Stanton et al. (2001) também analisaram o tempo médio entre falhas de grupos que operam dois tipos de IHM nos quatro níveis de decisão, quanto ao transporte de gás natural para diferentes locais e atendendo a clientes domésticos ou industriais. Nesta análise de IHM, aspectos como pressão do fluido e velocidade no transporte são importantes apresentando o risco da operação e formas de treinamento para cada tomada de decisão. Ao comparar o desempenho de grupos diferentes é possível analisar o conjunto de competências ofertadas pela mão de obra para a tarefa ou o nível de aplicação destas competências durante a execução da tarefa simulada. O que faltou na análise foi a identificação das competências inexistentes neste grupo, baseado no nexo causal da falha e que viabilizaria a tomada de ação preventiva resultante de treinamentos.

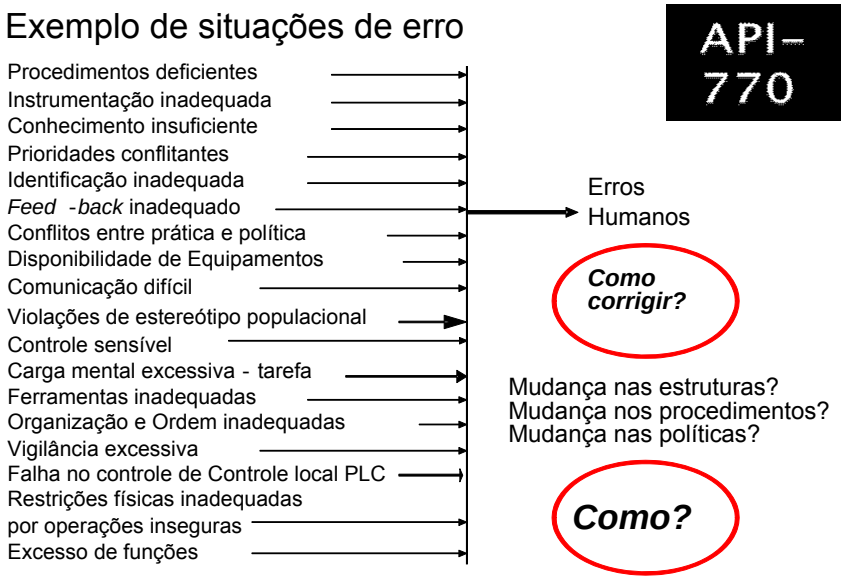


Figura 2.8 - Situações que provocam erro humano na indústria.
Fonte: Autoria própria.

Na discussão sobre erro humano, Dekker (2002) afirmou existirem dois períodos diferentes de análise: o erro humano era considerado causa de acidentes e para explicar a falha era preciso investigar os responsáveis (ou culpados). Na nova visão, o erro humano é considerado um sintoma de problema mais profundo dentro do sistema, e para explicar a falha não se deve buscar as pessoas que estão errando, mas como elas estão agindo e avaliando os aspectos relacionados ao erro humano (RENESH, 1993). Assim é melhor entender as circunstâncias ambientais onde está acontecendo o erro humano ou a falha operacional, qual o nível de compromisso do operador e qual a base de conhecimento para a realização da tarefa.

Dekker (2002) afirmou que existem falhas com padrão repetitivo no tempo ou na lógica dos acontecimentos, e confirma a influência do estresse e da carga de trabalho sobre o aparecimento do erro humano. Assim, reafirma-se a necessidade de conhecer os sinais de anormalidades com base na cronologia e em épocas onde as falhas latentes estão presentes. O método MEA (ÁVILA FILHO, 1995b, 2004) de investigação das anormalidades possibilita esta construção para a identificação da causa raiz.

Sebzali e Wang (2002) afirmam que a maioria dos estudos anteriores ao ano 2000 para detecção de falha e para o diagnóstico de falha na indústria química estava focada somente no processo, embora alguns autores (LEES, 1996; PASQUINI et al., 1997) já considerassem que

o erro humano representa a maior causa de falhas no processo de plantas industriais (química e nuclear) e nos serviços de transporte (aéreo e ferroviário). Ao envolver fatores humanos na identificação e no diagnóstico de operações anormais, pretende-se ter rapidez nas correções de processo e garantias de manutenção dos resultados alcançados.

Sebzali e Wang (2002) afirmam que os problemas causados pela falha operacional variam desde o aumento dos custos operacionais até a parada de emergência da planta de processo. Em plantas químicas modernas, a complexidade e o grau de integração são elevados, indicando que a perda econômica potencial é maior e o diagnóstico de causas especiais é mais difícil. Assim, desenvolveram um sistema envolvendo fatores humanos para diagnóstico e identificação de operações anormais, e investigaram técnicas para perceber, caracterizar e avaliar o desempenho de operadores e de processos.

Sebzali e Wang (2002) desenvolveram heurísticas para a lógica da falha do operador sobre o controle de temperatura em reatores de mistura ou CSTR[11], assim: níveis de atividades na operação (normal, ocupada, ou preocupante); nível de descontrole do processo (normal, crítico ou perigoso); níveis de estresse distintos (de relaxado até nervoso); e as ações de correção na malha de temperatura, variando de rápido a lento.

O nível de estresse considerado neste trabalho depende do tipo de atividade desenvolvida, possibilitando ao operador tomar decisões nos modos normal, ocupado ou preocupante. Mas que tipo de ambiente estressor provoca estes estados na realização das atividades? Faltou Sebzali e Wang trabalharem os estressores ambientais, provocando estes tipos de comportamento na realização da tarefa. Sebzali e Wang analisam a resultante do homem no ambiente laboral como sendo o estresse, que pode afetar o processamento cognitivo e até provocar ações impulsivas na realização da tarefa. Também conseguem realizar a junção de controle de processo alterado pelo estado de humor do trabalhador, indicando a influência do homem na resultante técnica. Mas, por outro lado, não consideram a variação de comportamento dependendo do tipo humano, podendo levar a cometer falhas de atenção ou de memória. Também não consideram como o tipo de comportamentos social e econômico (cultura organizacional, regional e posicionamento sócio-econômico) afeta o comportamento humano e sofrem a influência da cultura organizacional e regional.

[11] Reator de mistura.

A ferramenta estatística da Análise de Componentes Principais foi descrita por Pearson (1901) e aplicada por Sebzali e Wang (2002) em processos sócio-técnicos na indústria de processo. No caso aplicado desta pesquisa, eficiência organizacional significa o máximo de processamento de GLP[12], com um mínimo de ociosidade[13] e sem risco de acidentes que afetem os empregados, o patrimônio e a comunidade.

Reason (2003) afirma que a Confiabilidade Humana se refere ao estudo da qualidade psicológica do trabalhador, sendo importante conhecer como funcionam os processos cognitivos e qual a influência de fatores conscientes e inconscientes sobre o seu comportamento. Os fatores inconscientes podem ser resultantes de ambiente estressor e provocar acidentes a partir de comportamentos não esperados pelo trabalhador.
Em consonância com Dekker (2002), Reason (2003) afirma que o erro humano não deve ter conotação de culpa. Quando o erro humano passa para a dimensão de aprendizagem, diminuindo a carga de culpa, consegue-se focar a atenção em torno de ações para evitar a sua reincidência.

Reason (2003) discutiu a origem do erro humano a partir de aspectos cognitivos, mas não apresentou como ocorre o processo de tomada de decisão quando os trabalhadores estão em desequilíbrio emocional provocado por estresses de dentro ou de fora do trabalho. Outra discussão incompleta na anatomia da falha está em como relacionar os processos industriais com o comportamento humano e a eficiência organizacional.

Reason (2003) apresentou a importância de classificar o erro humano para facilitar o seu tratamento, sugerindo que os erros podem estar baseados na habilidade, no conhecimento e nas regras, evidenciando no comportamento humano, os aspectos de deslize, falha de memória e desatenção. Para facilitar a investigação do erro humano, diferencia a memória de trabalho da memória de longo prazo ou base de conhecimento. Afirma a importância de entender como funciona a construção do esquema ou mapa mental para aplicar regras ao processamento cognitivo.

[12] Gás liquefeito de petróleo.
[13] Diferença proporcional entre tempo de operador fora da tarefa em relação ao tempo disponível pelo operador no horário de trabalho.

De acordo com a função do operador no ambiente de trabalho (LEES, 1996; MOSLEH e CHANG, 2004) existem dificuldades de capturar sinais e de processá-los. Isto acontece quando o operador se depara, principalmente, com anormalidades operacionais fora da rotina. O processamento cognitivo na execução da tarefa é discutido por Hollnagel (1993) e por Rasmussen (1997) através de técnicas de análise cognitiva. Estas análises não avançam na detecção da causa-raiz de falhas na tarefa, sendo importante estudar a cronologia da falha em conjunto com a lógica dos fatores e a conectividade entre eles.

O modelo de comportamento do operador (IDAC[14]) apresentado por Mosleh e Chang (2004), descrito na Figura 2.9, indica como manter o controle das tarefas ao comparar a atividade realizada com o padrão adotado para processamento de informação. Após serem filtrados, os fluxos de informações dinâmicas (variáveis) e estáticas (padrões) são alterados pela memória (de diferentes tipos) e pelo estado mental. Uma resposta é produzida para direcionar ações pelo modelo de tomada de decisão de cada operador.

Embora Mosleh e Chang (2004) afirmem que o estado mental composto por memórias influencia o processamento cognitivo, não houve a demonstração do tipo de relacionamento com a realização da tarefa, não definindo as regras de comportamento do operador e nem descrevendo o processamento da informação em forma de algoritmo. Os tipos de decisão não são tratados como dependentes do estado emocional, não são avaliadas quanto à influência da memória, e também não é discutida a diferença entre situações de rotina e emergenciais.

Segundo Mosleh e Chang (2004), modificações baseadas em fatores dinâmicos e estáticos alteram o estado mental onde se processa a resposta para a atuação do homem, neste estado mental é desenvolvido o campo de processamento da memória onde estão inseridas a base de conhecimento e a memória intermediária. A habilidade, assim como as regras e o conhecimento, pode deteriorar-se com o tempo por falta de prática. Não se deve assumir que, se uma pessoa demonstra possuir algum conhecimento em determinada situação, este conhecimento possa estar disponível sob todas as condições em que este seja útil.

[14] IDAC = I: information processing; D: problem-solving and decision-making; A: action execution; of a crew (C).

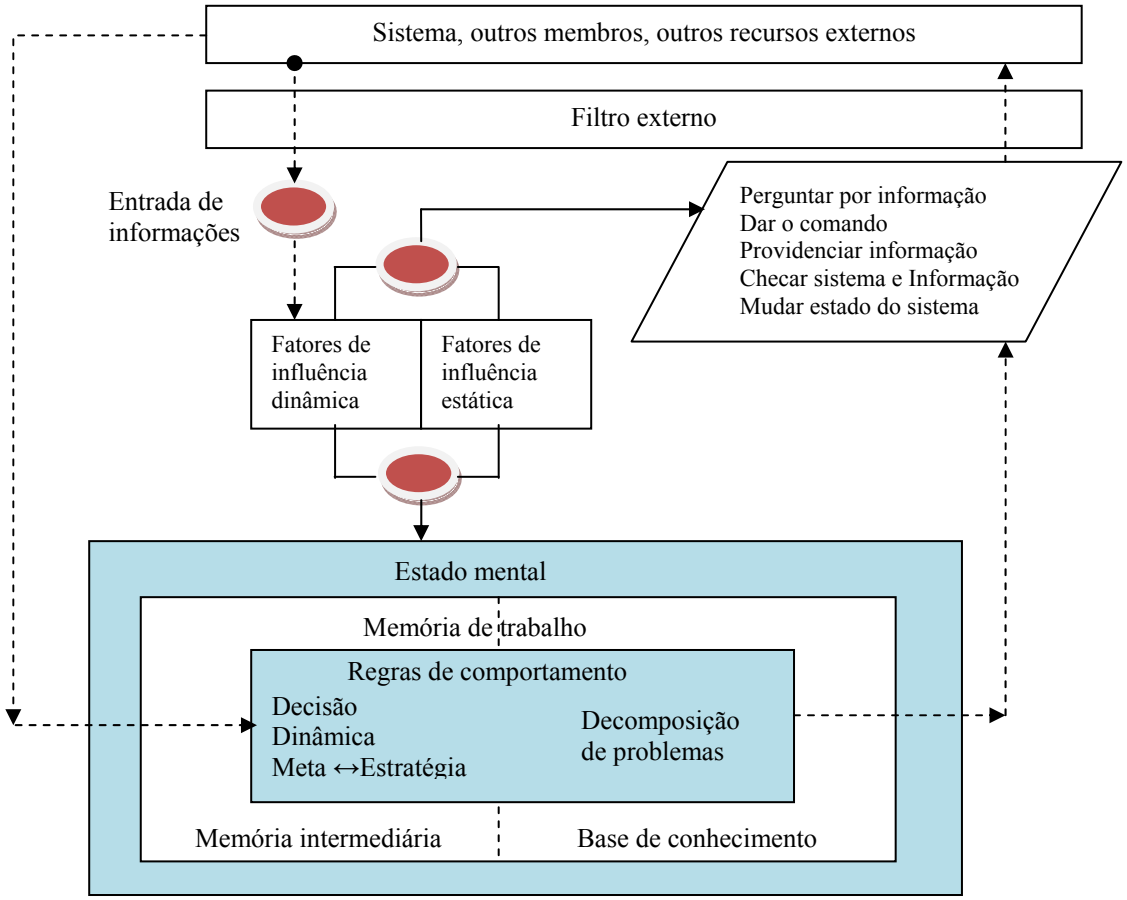


Figura 2.9 - Modelo de resposta dinâmica IDAC
Fonte: Adaptado de Mosleh e Chang (2004).

Técnicas matemáticas podem ser usadas para facilitar a interpretação do comportamento humano em meio sócio-técnico. Evidenciam-se a utilização das redes neurais que se baseiam no comportamento histórico para treinamento (HAYKIN, 1999), a utilização da mecânica *fuzzy*[15] (SANDRI e CORREA, 1999; DOMECH e XEXÉU, 2003) que traduz o discurso do operador ou do gerente em valores e pesos para o cálculo da probabilidade de falha e a análise de componentes principais (SEBZALI e WANG, 2002) que agrupam variáveis para indicar comportamentos de sistemas sócio-técnicos.

Para possibilitar os comportamentos padrões de tomada de decisão, algumas funções psicológicas importantes devem ser discutidas e observadas. Segundo Stenberg (2007), o cérebro é uma máquina intuitivo-cognitiva e sofre a influência de vínculos afetivos, onde cada parte do cérebro tem função específica difícil de separar das outras pela grande interligação através da rede neuronal.

[15] Mecânica da incerteza onde lógicas nebulosas são utilizadas para transformar discurso em ação de controle.

Estudos psicológicos isolados sobre o efeito do estresse na realização da tarefa em tipos humanos diferentes ajudam a entender como as funções de percepção, atenção e memória funcionam, mas não substituem a dinâmica da relação entre o homem e a empresa no momento de atuar sobre equipamentos com os respectivos riscos inseridos. Assim, a ACH deve ter no seu quadro multidisciplinar, conhecimento de processamento cognitivo como encontrado nos modelos de ACH de segunda geração, como ATHEANA, MERMOS. Além disto, deve haver o importante conhecimento sobre a atuação no "chão de fábrica".

Quando se avança no estudo do erro humano relacionado com o nível de automação em projetos devem-se analisar situações diferentes de controle e a atuação do operador em cada uma delas. A comparação da frequência e da natureza dos erros cometidos pela operação em cinco casos diferentes de plantas industriais com níveis variados de automação (OGLE, 2008) e que provocaram acidente resultou nas seguintes observações: (1) um sistema instrumentado de segurança simples poderia ter reduzido ou talvez evitado os acidentes; (2) nos casos de baixa complexidade de automação (serviços manuais), os erros de operador tendem a ser de deslize e as soluções são simples dentro do SIS[16] - caso não haja ação corretiva, o impacto do erro humano é elevado; (3) em ambientes com alta complexidade de automação, ocorrem erros na análise de detecção de condições anormais.

2.3.5 Nova Visão de Segurança

A temática que trata de fatores humanos (LEES, 1996) prevenindo ações inseguras que podem virar acidente apresenta ampla variedade de conceitos, desde modelos de processamento cognitivo, passando por aspectos de ergonomia até aspectos de análise da tarefa. Em termos de dificuldades para a predição da falha evidencia-se a flutuação do comportamento do homem no trabalho e na sociedade. Este comportamento, como lembrado por Dodsworth et al. (2006) e Schönbeck (2007), é influenciado diretamente pelas políticas e práticas organizacionais e, como indica Rasmussem (1997), depende da análise comparativa dos valores identificados entre o trabalhador e a empresa.

[16] Sistema Instrumentado de Segurança.

Como a análise do comportamento e o próprio comportamento não possuem padronização e fica sendo uma função da subjetividade gerencial que sofre vieses diversos, o que pode alterar o senso de justiça na tomada de decisão do gerente, suscitando o descrédito na equipe e a consequente falta de compromisso e perda de fidelidade.

A análise dos ambientes estressores no posto de trabalho indica a necessidade de conhecimento multidisciplinar (RASMUSSEM, 1997; DODSWORTH et al., 2006**;** SCHÖNBECK, 2007) devido à complexidade das relações causais para possíveis falhas na tarefa. São aplicadas técnicas de análise da tarefa nas plantas industriais (HOLLNAGEL, 1993; LEES, 1996; EMBREY, 2000), onde são discutidas: a qualidade dos dados de entrada, os modelos cognitivos para processamento de dados, os modelos para decisão e a praticidade na execução das ações. Na tentativa de predizer a falha humana, são propostos modelos de Confiabilidade Humana: a técnica THERP, criada por Swain e Guttman (1983); as técnicas CREAM[17] e COCOM[18] (HOLLNAGEL, 1993), com a introdução de aspectos do ambiente estressor; e ferramentas que utilizam a mecânica *fuzzy* (SANDRI e CORREA, 1999; DOMECH et al., 2003) para transformar o discurso do operador em valores para cálculos de probabilidade.

Muitos trabalhos desenvolvidos na área de fatores humanos buscam evitar acidentes como apresenta Fontanela (2001) que cita Kirchner através do modelo de energia de perigo para acidentes, onde existe uma classe de pessoas críticas com comportamentos de risco de processo e com possibilidade de provocar o acidente. Neste modelo, a energia de perigo circula entre pessoas e equipamentos, onde a união da condição de risco com as pessoas críticas leva à elevação do risco de acidente. Este conceito é semelhante à origem da falha latente (HOLLNAGEL, 1993).

O conceito de energia de perigo não é analisado em termos de produtividade, ou seja, de que modo a energia da falha operacional nas estruturas das plantas industriais e no grupo de trabalho provoca a baixa competitividade na indústria. Ao mesmo tempo em que a energia de perigo circula nas estruturas, esta acaba provocando como resposta o aparecimento de força da falha, que realiza trabalho na forma de consequência. Este é o processo de origem da falha operacional que segue os conceitos de energia de perigo. É importante descrever modelos

[17] *Cognitive Reliability and Error Analysis Method.*
[18] *Contextual Control Model.*

conceituais para viabilizar ferramentas gerenciais e matemáticas para o auxílio da gestão de produção.

De acordo com Fontanela (2001) que cita Cicco e Fantazzini, um sistema é um arranjo ordenado de componentes que estão inter-relacionados e que atuam e interatuam com outros sistemas, para cumprir uma tarefa ou função, em determinado ambiente. Constituem fatores básicos do sistema de trabalho que participam da construção do acidente ou da falha na operação: a tarefa no trabalho da operação, as informações de entrada, as pessoas envolvidas, os meios de produção, o processo produtivo, os fatores ambientais e as saídas (geração de produtos, satisfação de empregados e acionistas).

Caso se inicie a falha, elabora-se uma sequência de eventos que envolvem e direcionam os fatores operacionais, estabelecidos em nexo causal e em formato complexo. Os fatores da falha buscam sempre o ponto máximo que é o acidente. A influência de alterações ambientais sobre o processo de falha promove mudanças nos fatores básicos dos sistemas de trabalho e prejudica a análise de falha, valorizando o aspecto dinâmico da pesquisa quanto à confiabilidade operacional na indústria.

Fontanela (2001) que cita Kirchner define a energia de perigo relacionada ao objeto como sendo direta, e a energia de perigo relacionada ao homem como sendo indireta. O risco depende da pessoa, do equipamento envolvido e da energia atuante sobre o perigo de ocorrer o acidente. Fontanela (2001) afirma que o estudo do clima organizacional permite calcular índices indicativos da cultura, possibilitando classificar o risco dentro da indústria em relação a indicadores de desempenho em segurança, saúde e meio ambiente. Estas hipóteses não foram validadas devido às dificuldades de definir a influência da cultura regional sobre filiais de indústrias multinacionais que importam cultura de segurança da matriz. Neste caso, as estratégias corporativas não garantem a incorporação da cultura de segurança no "chão de fábrica" destas indústrias filiais. O mesmo pode-se afirmar quanto a indústrias que adquirem sistemas gerenciais de empresas multinacionais para construir a cultura de segurança, onde seria essencial o conhecimento da cultura técnica para a realização de adaptações anteriores.

CCPS (2001) explica que o LOPA é uma técnica para análise de risco aplicado em cenários de acidentes selecionados com relação causal simples. O analista pode usar o LOPA para determinar quais os controles de engenharia e administrativo necessários para alcançar o IPL.

IPL é uma camada de proteção que permite prevenir um cenário inadequado quanto à ocorrência do evento iniciador ou que afeta o desempenho de outra camada de proteção. Uma nova versão da técnica LOPA, denominada LOPAH (BAYBUTT, 2002) e indicada na Figura 2.10, foi apresentada com a discussão de fatores humanos nos eventos relativos à anatomia da falha humana, tais como: iniciador, eventos intermediários e suas consequências.

Segundo Lees (2005), para cada grande acidente, vários pequenos incidentes aconteceram antecipadamente. A maior parte destes incidentes não provoca perdas ou danos. Estes pequenos incidentes são considerados eventos de sinalização ou com perdas mínimas. Neste modelo do processo de acidente, o acidente maior ocorre se todos os fatores de entrada estiverem presentes.

Lees (2005) comenta que é importante que se estabeleçam conceitos sobre o aviso da falha quanto à existência de risco em instalações fabris, para evitar a ocorrência de acidentes. Os perigos podem ser classificados quanto à presença de avisos na sua estrutura e com implicações no seu controle durante a operação. As decisões podem ser tomadas se uma análise quantitativa indicar a possível existência de um acidente emergente.

Elemento do cenário	Evento	Recomendações	Créditos
Evento iniciador	Operador abre inadvertidamente a válvula errada	Colocar uma identificação na válvula MV-32 e um alerta no procedimento de operação P-009-2001 para confirmar a seleção da válvula correta	2 + 1 = 3
IPL1	Operador ativa o resfriamento do reator quando soa o alarme de temperatura alta-alta	Relocar o alarme para a estação de trabalho do operador	4
		Instalar escada fixa para acesso à válvula de resfriamento	3
IPL2	Válvula de resfriamento ativada por um desarme de alta temperatura	Revisar o programa de teste e inspeção dos componentes do sistema de desarme e resfriamento para assegurar adequação	5
Condição habilitadora	Alarme de temperatura alta-alta desabilitado	Reprojetar o sistema manual para reduzir alarmes falsos	5
		Considerar a importância do resfriamento manual no treinamento inicial e de revisão do operador	2
Conseqüências	Possível exposição dos operadores da sala de controle ao cloro	Prover três respiradores autônomos adicionais para a sala de controle	3
		Afixar sinais de alerta de exposição potencial de cloro nas entradas da sala de controle	2

Figura 2.10 - Fatores Humanos no LOPA.
Fonte: Baybutt (2002).

Segundo Ávila Filho et al. (2006c) os fatores operacionais para a falha são eventos anormais que ocorrem nas estruturas ou entidades, e que seguem uma sequência lógica determinada com alterações conforme haja novas condições ambientais ou novos comportamentos humanos (tipos). Para o desenvolvimento das atividades e transformações de materiais através da indústria e dos serviços, segue-se a lógica da causalidade em operação normal e organizam-se esquemas para discutir os fatores operacionais envolvidos nas falhas de processo, produção e humana. Cada fator tem função específica, com regras e comportamentos que podem ser atingidos dependendo do esquema de funcionamento da falha operacional e do erro humano.

Como indicado na Figura 2.11, o estado normal de processo é caracterizado pela estabilização das correntes de entrada conforme padrões estabelecidos pela tecnologia, além de formas de transformação estáveis dos materiais e das informações que fazem parte de tecnologia de processos e de tecnologias gerenciais. Assim, os fatores operacionais envolvem: tarefas; diretrizes gerenciais; dados técnicos de operação; informações de legislação; requisitos de mercado; alterações da natureza ou ambiente físico; especificação dos equipamentos e dos processos; modos de controle da qualidade no processo, nos insumos e nos produtos; competências instaladas; políticas organizacionais; e muitos outros fatores operacionais. Quando estes estão especificados e controlados, o processo está enquadrado na normalidade, com custos de produção e qualidade dentro dos padrões esperados.

Cada distúrbio ou fator operacional da falha é um aviso que segue certa cronologia, conforme apresentada na Figura 2.11. Os distúrbios ou ruídos no processo tiram o processo de normalidade e são investigados através da observação das variáveis de processo e do cenário de campo, mostrando quando existem alterações ambientais, estruturais ou processuais. Algumas destas alterações podem ser: flutuações de comportamento, alterações no perfil gerencial, mudanças organizacionais; legislação ambiental e ocupacional mais críticas; mudanças nos requisitos comerciais; e mudanças nos estados da natureza.

A metodologia utilizada para as investigações de estabilização dos processos industriais (ÁVILA FILHO et al., 2006c) analisa os sinais ou avisos emitidos pelas pessoas e pelos equipamentos, caracterizando os estados de sistemas sócio técnicos como normal ou anormal.

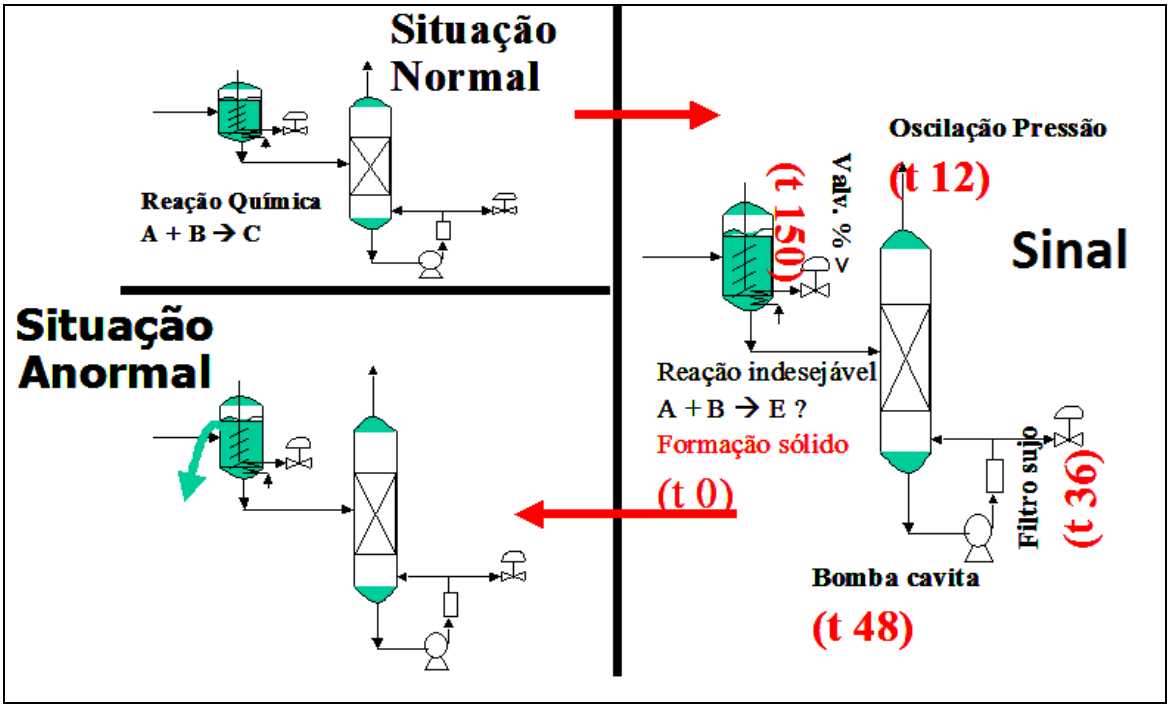


Figura 2.11 - Normalidade e anormalidade nos estados de processo.
Fonte: Autoria própria.

Segundo Daniellou (2004), o ergonomista pretende atuar em novos projetos evitando os seguintes erros: falta de identificação clara dos controles da tarefa, fragilidade nos objetivos e nas medições, falta de participação do executor da tarefa, falta de conhecimento dos papéis legais relacionados à tarefa, provocando conflitos sociais não previstos. As causas latentes provocadas pelo ambiente organizacional e pela alocação indevida do trabalhador no posto de trabalho, confrontando questões intrínsecas da personalidade com estresse, requer aprofundamento com estudo do tipo humano e social que não é a prática atual da ergonomia e é mais discutida na ciência da Confiabilidade Humana. Por outro lado, é importante analisar o ambiente laboral para projetar o posto de trabalho, evitando erros humanos; desta forma, é essencial analisar aspectos ergonômicos para investigação sobre a confiabilidade humana.

Novas tecnologias estão fazendo mudanças fundamentais na etiologia dos acidentes com suas técnicas de segurança para evitar a sua existência. Dentre estas mudanças Leveson (2004) descreve: velocidade rápida de atualização da tecnologia, mudança do tipo de acidentes, novos tipos de perigos, diminuição de tolerância para acidentes simples, aumento de complexidade e pareamento dos eventos (paralelos), relações mais complexas entre homem e automação, e mudança de legislação e exigências públicas.

Segundo Leveson (2004), existem outros motivos iniciadores do acidente e que provocam o relaxamento das restrições físicas, a supervisão inadequada, os controles automatizados mal projetados e a IHM não funcional.

Daniellou (2007) afirma que os ergonomistas da língua francesa buscam conhecer o funcionamento humano para projeto de sistemas produtivos através da prática ergonômica do trabalho, o que levou a conclusões importantes que fazem intersecção com a confiabilidade humana. Sendo assim: (a) a diferença entre trabalho prescrito e real que faz parte da análise da tarefa; (b) a investigação sobre o tipo de processamento cognitivo e o processo de formação de competências, o que é discutido na necessidade de conhecer o sistema produtivo a partir do discurso do operador e sua inserção na cultura técnica; (c) a complexidade no ambiente laboral decorrente da diversidade de situações e de maneiras de pensar, da diversidade de vínculos construídos levando ao compromisso, e da diversidade de regras na coletividade. Assim, analisa-se o ambiente laboral, que tem como resultante um estado de confiabilidade humana.

Na discussão sobre a análise de incidentes em plantas nucleares, Carvalho et al. (2005) utilizam um método de simulação de situações e indicam o que os operadores consideram os incidentes como familiares tomando decisões com base na estratégia do comportamento espontâneo ou natural (naturalística) ao invés do comportamento que segue as normas (normativo). A construção do mapa mental é importante para a tomada de decisão no trabalho do operador. A modelagem do trabalho do operador (CARVALHO et al., 2006) está relacionada com o uso de procedimentos operacionais, as mudanças constantes de ação de diferentes tipos de operadores e os condicionantes impostos para o ambiente de trabalho. É importante conhecer o tipo de relacionamento do grupo, incluindo aspectos da cultura dominante nesta instalação industrial.

Carvalho (2006) discute um estudo ergonômico de painel de controle e analisa as questões relacionadas às comunicações durante pequenos incidentes em que os operadores tiveram de fazer diversas reconfigurações nos sistemas de controle para torná-los funcionais devido à complexidade dos procedimentos, à automação elevada e descentralizada dos sistemas de controle e à informação inadequada sobre o *status* do processo.

Discutindo esta situação para a indústria química adaptada ao nível de estabilidade dos processos industriais, não é possível estabelecer superpoderes aos sistemas de controle automático, visto as dificuldades de entendimento da lógica de segurança e a complexidade de atuar na falha dos sistemas instrumentados, trazendo para ações manuais (não automáticas) que dependam da cognição humana e da cooperação do grupo.

Dodsworth et al. (2006) discutem a hipótese de que existe uma relação entre a cultura organizacional e o desempenho de segurança através de métodos de medição da cultura organizacional. Apesar de programas preventivos de segurança, os riscos de ocorrência de acidentes podem não ser mitigados devido a processos latentes da falha, que possuem baixa visibilidade. As hipóteses da relação entre cultura organizacional e desempenho de segurança não foram validadas devido às dificuldades de definir a influência da cultura regional sobre as filiais de indústrias multinacionais que importam cultura de segurança da matriz. Neste caso, as estratégias corporativas não garantem a incorporação da cultura de segurança no "chão de fábrica" destas indústrias filiais. Shannon citado por Dodsworth et al. (2006), indicou técnicas estatísticas para analisar a resultante do clima de segurança sobre o índice de acidentes, dentre estas técnicas cita-se a análise dos componentes principais (PCA[19]).

Segundo Schönbeck (2007), os fatores organizacionais que influenciam na segurança estão relacionados a aspectos diretos e indiretos sobre a realização da tarefa. Os indiretos são compatibilidade entre prática e metas estabelecidas pela diretoria, estilo de comunicação adotado pela empresa, organização física e funcional. Constituem fatores diretos: adequação dos conhecimentos, habilidades dinâmicas, gestão de manutenção, resserviço, planejamento de procedimentos operacionais, mecanismos de defesa para evitar acidentes e a organização da área, incluindo limpeza e identificação. Estes fatores não podem ser analisados de forma discreta por pesos e classes, pois estão inter-relacionados, levando a comportamentos híbridos e complexos. Parte destes fatores é citada como fator comum de desempenho por Hollnagel (1993), Reason (2003) e pela própria API770 (LORENZO, 2001); falta identificar como se relacionam, entre si, para calcular a força da falha.

Filgueiras (2006) apresenta como modelar o desempenho humano em tarefas simples provocando distúrbios ou alterações nos fatores humanos, analisando assim, os resultados.

[19] *Principal component Analyses.*

Filgueiras descreve os processos envolvidos na tarefa como cognitivos, perceptivos e motores. Os processos cognitivos simples são comparar, lembrar e calcular; os processos cognitivos complexos referem-se a decidir, escolher, verificar e interpolar; os processos perceptivos simples são monitorar, observar e localizar; os processos perceptivos complexos são explorar e ler; os processos motores simples são teclar, posicionar e mover; e os processos motores complexos são ajustar e instalar.

A avaliação das etapas cognitivas pode, como apresentado por Filgueiras em processos complexos, resultar em dificuldades para a modelagem. Assim, dependendo do estado encontrado no tipo de comportamento humano e nos tipos de ambientes estressores, provavelmente, será possível analisar a mudança de direção da tarefa de normal para anormal e explicar o início do processo de falha.

Dib (2007) analisa o impacto do IHM (Interface Homem máquina) sobre mudanças do comportamento humano e sua segurança. DIB afirma que as mudanças nas ferramentas de comunicação da IHM podem afetar a representação mental do operador, gerando erros humanos e acidentes. Dib utiliza estudo de caso envolvendo o trabalho de dirigir caminhões com solução aplicada diretamente sobre os motoristas, onde, para evitar o acidente provocado por fatores como estresse, fadiga, desatenção, problemas pessoais, álcool e doenças, um sistema age sobre o motorista. Neste estudo de caso nota-se que a simplicidade da percepção de anormalidades e a tomada de ação diretamente sobre o operador, neste caso o motorista, tem bons resultados para evitar os acidentes. Na indústria química, portanto, devem-se perceber os sinais que claramente indicam o início ou desenvolvimento da falha, para, através de ferramentas auxiliares no supervisório, possibilitar memória auxiliar ou processador cognitivo auxiliar para retirar o processo da zona de risco.

Segundo Hollnagel (2008), a segurança pode ser alcançada pela eliminação de perigos, pela prevenção de eventos iniciadores, ou pela proteção contra outras saídas. Existem diferentes barreiras de sistemas com características específicas: as barreiras físicas que são eficientes e robustas, mas são caras; a funcional que é eficiente, mas requer preparações complexas; a simbólica que gasta menos, mas é menos eficiente. Embora o autor considere que a melhor solução é uma mistura entre as barreiras, este não discute a manutenção da qualidade psicológica e da execução da tarefa conforme apresentado na crítica ao modelo do queijo na Figura 2.6.

2.3.6 Análise Crítica Confiabilidade Humana e na Tarefa

O cálculo de probabilidade de falha humana por atividade (SWAIN, 1983; PALLEROSI, 2008) é inconsistente por não considerar o efeito da flutuação das variáveis ambientais no cenário globalizado (econômica, social e organizacional) e que provocam alterações no comportamento humano. A maior parte dos modelos citados considera a análise do comportamento humano como estática, onde os grupos entram em equilíbrio e respondem de forma repetitiva à tarefa exigida. O banco de dados disponível não é suficiente para predizer a falha humana e existem poucos especialistas que interpretam a subjetividade de grupos de operadores dentro da indústria de alto risco, e possuem movimentos culturais e organizacionais específicos (DODSWORTH et al., 2006).

Segundo Hirschberg (1998), as técnicas usadas para a coleta de dados em ACH foram: entrevistar pessoal de rotina, métodos matemáticos quantitativos, estatística e participação de especialistas em Confiabilidade Humana. As fontes de dados se encontravam nos registros e simuladores de emergência, nas entrevistas e questionários que levantam fatores organizacionais e pessoais. Os desafios das técnicas de ACH são: detalhar possibilidades de aumentar a segurança na IHM, inclusive com análise preditiva; classificação das ações e dos erros humanos; identificar as atividades enquanto a situação está normal antes do acidente (erros latentes e eventos iniciadores); conhecer a anatomia da falha após a situação ser considerada anormal; e conhecer quais as categorias que provocam o erro humano.

Em boletim técnico (TANNER, 2002) relacionado a eventos com a explosão de caldeiras e vasos de pressão nos EUA foram apresentadas estatísticas de 1992 a 2001, onde as principais causas relatadas estão relacionadas com o erro humano. Foi constatada a morte de 127 pessoas nestes 10 anos, ou seja, menos que 13 fatalidades por ano. Foram registrados 720 eventos nestes 10 anos ou 72 eventos por ano, significando que a cada 6 eventos ocorriam uma fatalidade provocada por erro humano.

Tanner (2002) apresentou que dos 23.300 acidentes registrados nesses 10 anos incluindo as explosões de vasos de pressão, 83% foram resultado direto da falta de conhecimento ou de acompanhamento da operação. A falta de acompanhamento e de conhecimento foi

responsável por 69% dos danos e 60% das mortes registradas. Para surpresa 7% das causas se referem a causas indeterminadas ou desconhecidas. Outros aspectos importantes levantados foram: houve 40% de aumento das mortes (do período de 1992/1996 até o período de 1997/2001); o erro do operador ou manutenção mal feita permanece na liderança nestes 10 anos em relação a falhas no projeto ou na fabricação; válvula de segurança ou de alívio não acionada aparece como a última causa para este tipo de evento.

Baseado nas estatísticas apresentadas por Tanner levantam-se os motivos que levaram à falta de conhecimento ou de acompanhamento. É necessário avançar na etiologia destas falhas. Numa breve discussão, a falta de conhecimento "que está na ponta do *iceberg*" pode ser explicada como: (1) não foi possível construir um mapa mental para causalidade por deficiências de conhecimento, ou (2) não houve o compromisso necessário para manter a atenção na tarefa ou migrar conhecimento em mapa imaginário e do mapa para ação. A não construção do mapa mental pode ser decorrente de: (1) seleção indevida de profissional para a função; (2) delegação indevida de profissional para a função; (3) desenvolvimento inadequado para a função; ou ainda (4) atribuição inadequada de responsabilidade para um profissional ou função que não admite tal situação.

No caso da falta de acompanhamento, pode ter sido uma questão gerencial ou de planejamento e execução da tarefa. Algumas possibilidades são: o gerente não definiu ou não atribuiu a importância devida às atividades de controle de caldeira como resultante de cultura técnica inadequada que trata as utilidades de forma secundária; o gerente não valorizou os serviços de certas funções, diminuindo a autoestima e, como consequência, a atenção sobre o acompanhamento da atividade. Já no caso da tarefa, a escrita pode não indicar necessidade de acompanhamento e, como o costume é seguir exatamente o escrito, a falha ocorreu por falta de bom senso no trabalho. Outra possibilidade é o procedimento ter sido escrito incorretamente ou de ter havido interpretação incorreta das instruções. Os 7% de causas desconhecidas parecem estar situados em região de baixa visibilidade sobre as causas da falha (região latente) requerendo investigação para ativar medições da força da falha. Desta forma se torna possível a tomada de ações preventivas sobre o início da falha e a tomada de ações corretivas sobre o crescimento da falha para evitar explosão de vasos de pressão.

Wreathall et al. (2003) apresentam um relatório que explica a influência do ambiente organizacional sobre as atitudes do operador de rede ferroviária nos Estados Unidos da

América, onde são analisadas as tarefas críticas relacionadas a possíveis acidentes. Wreathall cita Reason (2003) quando apresenta a possível queda das barreiras de segurança que são consequência de ação indevida do indivíduo ou do grupo, provocada por fatores organizacionais. Porém, este não define como identificar fatores organizacionais que influenciam sobre o comportamento humano na realização da tarefa.

A Análise de Confiabilidade Humana na rede ferroviária dos EUA pretende (WREATHALL et al., 2003): identificar ações inseguras para serem estimadas; realizar análise qualitativa de fatores humanos para identificar os maiores contribuintes; identificar as fontes de dados relevantes para cada ação a ser modelada; implantar processo analítico baseado em especialistas para ultrapassar os limites e as falhas nas fontes de dados; sintetizar e documentar os resultados; realizar revisão dos resultados de confiabilidade humana com as operações de controle de trens para confirmar compatibilidade com a experiência.

Kolaczkowski et al. (2004) apresentaram Relatório da Comissão Reguladora de Energia Nuclear dos EUA. As práticas para implantar a ACH foram discutidas neste Relatório: (1ª Boa Prática: BP) Direcionar conjuntamente diagnóstico e resposta das falhas de execução do operador; (2ª BP) Usar valores conservativos durante a etapa inicial da ACH; (3ª BP) Realizar avaliações detalhadas de eventos iniciadores significativos; (4ª BP) Revisar os valores para o evento iniciador versus avaliação detalhada para aplicações especiais; (5ª BP) Contabilizar PSFs específicos na avaliação dos eventos iniciadores; (6ª BP) Contabilizar as dependências entre os eventos iniciadores; (7ª BP) Avaliar a incerteza em média dos valores de probabilidade; e (8ª BP) Avaliar a razoabilidade dos valores de probabilidade usando avaliações detalhadas.

As usinas nucleares devem ser auditadas (KOLACZKOWSKI et al., 2004) quanto às boas práticas e quanto aos fatores de formatação do desempenho (PSFs) listados: adequação e aplicação de treinamento e experiência; adequação de procedimentos relevantes e controles administrativos, identificação e disponibilidade da instrumentação; disponibilidade de tempo e demanda de tempo para executar ação de atividades concorrentes; complexidade do diagnóstico requerido; carga de trabalho, pressão de tempo e estresse; características e dinâmicas da equipe; recursos de *staff* disponível; qualidade ergonômica da IHM; ambiente onde as ações precisam ser executadas; equipamento a ser manipulado acessível e manuseável; necessidade de dispositivos especiais (exemplo: radiação); estratégia e

coordenação das comunicações; necessidades especiais humanas; anatomia do acidente na sequência de acontecimentos.

O comportamento humano é imprevisível devido à maior parte dos modelos só considerar aspectos cognitivos, e não intuitivos[20] e afetivos[21]. Muitos dos erros cometidos em grandes acidentes não são esperados, podendo surgir de fatores não explicáveis. A existência de falhas latentes é comprovada quando se identificam características específicas (ganchos[22] ou patógenos residentes) que podem levar os indivíduos e os equipamentos a iniciar uma cadeia de anormalidades. A análise de tarefas sequenciadas não permite visualizar o encadeamento de fatores que levam à falha, sendo necessário entender o discurso do operador através do mapeamento de eventos anormais (MEA). Os regionalismos levam a regras no comportamento e tendências para modelos de tomada de decisão específicos. Não existe o operador universal que tenha um único comportamento com estresse. Sendo assim, a combinação de ambientes organizacionais e sócio-econômicos produz estressores específicos que podem alterar o comportamento de diferentes tipos de trabalhadores. Assim, os dados disponíveis sobre erro humano apresentados nos modelos discutidos são limitados para aplicação devido a regionalismos, sendo necessária a correção nesta análise, onde no modelo atual busca-se verificar qual a tendência de aproximação (através de sinais da falha) para o grande evento ou acidente.

Marais et al. (2006) propõe modelo dinâmico para auxiliar na interpretação do comportamento humano em atividade grupal. Este modelo considera a existência de arquétipos de comportamento grupal que são comuns, repetitivos, e não explícitos. Desta forma torna claro porque as decisões relacionadas à segurança nem sempre resultam no comportamento esperado.

Na indústria de refino de petróleo foi realizada estatística de análises de riscos de 247 acidentes entre 2005 e 2007 (BARBOSA e HARGUENAUER, 2009), onde 21% estão relacionados ás falhas humanas. Estranhamente este número está muito abaixo dos encontrados internacionalmente, acima de 80%. O estudo da origem da falha na operação da indústria envolve entender a anatomia da falha incorporando, também, as estatísticas

[20] História dos ambientes sociais.
[21] Influenciado pelo equilíbrio emocional do operador.
[22] Características individuais ou de equipamentos que levam à falha.

disponíveis no banco de dados de análises de risco sobre histórico de acidentes. A investigação superficial sem o nível de detalhe da sequência de eventos até o acidente pode prejudicar a identificação da causa-raiz e da causa secundária destes acidentes. Sendo assim, nota-se que o principal motivo foi falha mecânica; mas devido a aspectos de operação ou de lubrificação como causa principal? Ou aspectos relacionados a projeto como problemas de cavitação ou sobrecarga? Assim, conclui-se ser necessário priorizar os principais acidentes na análise de falha e estruturar banco de dados com certo detalhamento avançando pela anatomia da falha e os fatores dominantes de cada acidente, se equipamento, fatores humanos, problemas organizacionais ou ainda questões do ambiente externo como a legislação.

Segundo Leveson (2009), a complexidade das interações entre componentes de acidentes estão se tornando mais comum nos sistemas produtivos. Hoje os erros de projeto de sistema são a causa dos maiores acidentes no espaço aéreo, apesar dos componentes operarem de forma confiável. Outra causa importante de acidentes é a decisão incorreta dos líderes que não costumam analisar o modelo mental e os fatores ambientais, tornando mais difícil o gerenciamento dos operadores em situações de crise ou de emergência.

A base conceitual multidisciplinar ainda não possui requisitos suficientes para transformar as ocorrências de rotina em sinais de possíveis falhas em construção. As relações das ciências humanas, sociais e das diversas tecnologias nas áreas química, mecânica e nuclear precisam avançar trocando informações e isto se torna possível ao se usar como base de estudo o livro de ocorrências do turno. Esta conclusão é confirmada por Jonas et al. (2009) quando afirma a importância de modelos para análise de acidentes que possibilite a análise de processos complexos e sistemas com variabilidade no seu desempenho.

Os estudos específicos como demonstrado na revisão da bibliografia precisam de uma comunicação em busca de assuntos organizacionais de interesse comum como a produtividade através da redução do erro humano na execução da tarefa. Estas disciplinas se cruzam da engenharia para a sociologia e daí retorna para a psicologia e aspectos da administração. Esta inter e transdisciplinaridade é proposta através de uma nova base conceitual sugerida no trabalho de pesquisa, a análise da falha dinâmica.

3 METODOLOGIA: ANÁLISE DA FALHA DINÂMICA

Segundo Leveson (2009), normalmente as organizações falham em aprender sobre o passado e se fazem mudanças inadequadas respondendo às perdas por não reconhecer a causalidade da falha (acidente ou incidente), assim, é grande a importância: da análise retrospectiva para construir uma predição dos acontecimentos futuros e do estudo do erro do operador na realização da tarefa. Os métodos de análise de acidentes não descobrem as causas de eventos e a aprendizagem de experiências não indica melhores formas de operar, a investigação dos acidentes e incidentes é feita em lugares errados.

A pesquisa que envolve confiabilidade humana na indústria está relacionada com a redução de perdas de processo através do estudo da tarefa na rotina da operação. As perdas de processo podem ser provocadas por acidentes, incidentes, parada de equipamentos, descontrole de processo e baixa produtividade levando a perdas financeiras.

O estudo da influência dos ambientes social, econômico e natural sobre o homem é obrigatório em Análises de Confiabilidade Humana. Assim, os planos de ação definidos a partir da análise de Confiabilidade Humana afetam diretamente a gestão de riscos diminuindo, sensivelmente perdas e aumentando o valor da empresa na cadeia produtiva. Propõe-se, portanto, que a Análise de Confiabilidade Humana leve em conta: (1) aspectos intrínsecos do indivíduo como autoridade, concentração, processamento cognitivo, memória, atenção e aceitação de regras; (2) aspectos de relação complexa social, levando à formação de estruturas informais na organização, com seus campos de influência; (3) estudo das anormalidades na operação de fábrica a partir de erros humanos, grupais e técnicos. Os dados são obtidos da análise do livro de turno, dos relatórios de acompanhamento de processos e dos relatórios gerenciais.

A análise de problemas de processo industrial é feita de forma mais global, incluindo aspectos de cultura organizacional e da interface homem-equipamento nos estudos de ergonomia. A análise dos erros humanos em sistemas técnicos requer o entendimento do sistema produtivo na forma dinâmica, onde a personalidade do homem e os equipamentos de processo são considerados estruturas que devem possuir baixa variabilidade na sua eficiência levando a situação de estabilidade organizacional (lucro bruto alto e imagem positiva). Os modelos de

gerenciamento e de treinamento são considerados processos de aprendizagem e, caso não ocorram grandes variações nos estilos gerenciais e de treinamento, existe uma tendência natural à estabilidade nos processos gerenciais. Já em termos de ambiente, a economia, a natureza, a sociedade e a organização se encontram em mudança contínua, provocando impacto ou influenciando alterações estruturais ou processuais.

Na fase de identificação, a investigação dos tipos técnico e social vai permitir definir quais as técnicas a serem utilizadas para evitar as perdas de processo. O tipo de tecnologia e o mapeamento de eventos anormais no turno (tipo de comportamento técnico) indicam as principais técnicas a serem utilizadas. Em conjunto com a identificação do tipo de erro humano, o tipo de comportamento social vai facilitar a análise da origem no ciclo de vida da falha permitindo a intervenção no processo.

As ações localizadas a partir dos estudos e mapeamentos citados vão compor um programa para evitar as perdas de processo composto por outros programas na área de confiabilidade humana e de estabilização de processos. Nesta pesquisa é analisada a função objetivo lucro bruto e imagem e são incorporados aspectos dinâmicos da falha operacional na cultura da organização. O êxito na realização das tarefas de rotina possibilita atingir o máximo de lucro bruto com a melhor imagem da empresa, ou seja, o máximo de produtividade com o mínimo de incidentes e de acidentes. Estes programas estão listados na Figura 3.1, assim como as atividades de coleta e processamento de dados para a identificação da anatomia da falha.

Assim, a metodologia na etapa de identificação dos tipos técnico, social e humano, é dividida em três partes: (I) Estabilização de Processos ou mapeamento de anormalidade, relacionado com o comportamento técnico ou da tecnologia como na Figura 3.2; (II) confiabilidade humana relacionado com os tipos de comportamento humano individualmente ou em grupo, além da análise de competências (usando a técnica da régua da personalidade) e (III) análise do ambiente de influência através da identificação da tipologia social ou tipos de ambientes estressores como na Figura 3.3.

As ações localizadas a partir dos estudos e mapeamentos citados vão compor um programa para evitar as perdas de processo composto por outros programas na área de confiabilidade humana e de estabilização de processos. Nesta pesquisa é analisada a função objetivo lucro bruto e imagem e são incorporados aspectos dinâmicos da falha operacional na cultura da organização. O êxito na realização das tarefas de rotina possibilita atingir o máximo de lucro bruto com a melhor imagem da empresa, ou seja, o máximo de produtividade com o mínimo de incidentes e de acidentes. Estes programas estão listados na Figura 3.2, assim como as atividades de coleta e processamento de dados para a identificação da anatomia da falha.

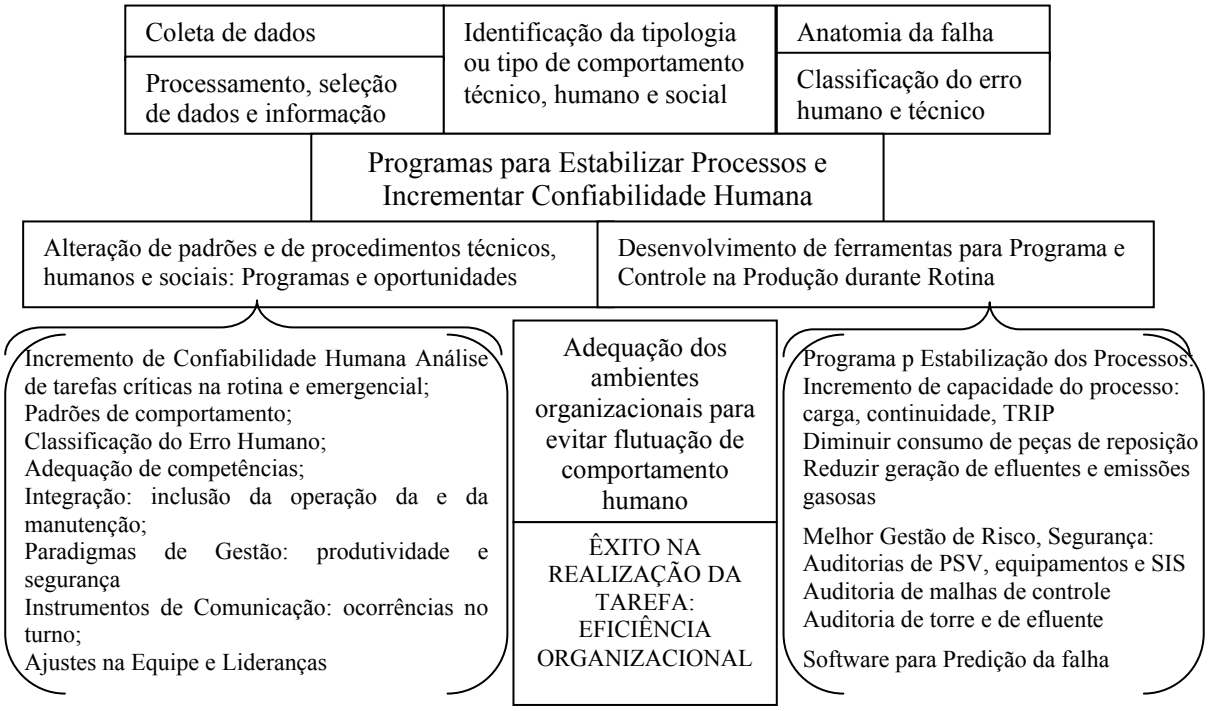


Figura 3.1 - Evitar perdas: Estabilização dos Processos e Confiabilidade Humana.
Fonte: Autoria própria.

A partir do conhecimento dos processos ambientais (impacto e nexo causal) se torna possível a correção de ambientes inadequados que não promovem a confiabilidade humana. O que se pretende é agir preventivamente e não atuar após os ambientes impactarem sobre a confiabilidade humana e dos processos. A análise de causalidade, dos vetores da informação e dos cenários onde ocorre a falha, conjuntamente com a análise de impacto sobre a função objetivo, vai resultar em alternativas com critérios e pesos para a tomada de ação sobre os ambientes organizacionais.

No caso da Indústria Química, a ABIQUIM inclui, através de seu Mapa estratégico do Programa de Atuação Responsável (KÓS, 2007), aspectos como controle de processo, imagem, cultura organizacional para a sustentabilidade ambiental, riscos de acidente, e controle de produção. Portanto conclui-se que, os trabalhos de Confiabilidade Humana e de Estabilização de Processos são atividades compatíveis com a Visão da ABIQUIM para promover a diminuição das perdas de processo, muito embora esta associação valorize somente ações corporativas geradas através de técnicas *Top-down*, seguindo o mesmo direcionamento das certificações ISO, TQC, TPM, 5S e outras que não tem a mobilidade necessária para as oscilações organizacionais originadas com a globalização não atingindo o estado ideal, a autogestão.

3.1 CONCEITOS E TÉCNICAS PARA ANÁLISE DA FALHA DINÂMICA

A partir das ideias de Rasmussen (1997) sobre a multidisciplinaridade na investigação da anatomia do acidente, seguindo as análises de Dodsworth (2006) relacionado à cultura de segurança e organizacional, e com as considerações de Schönbeck (2007) sobre a quantificação da influência da cultura de segurança na ocorrência de acidentes se torna possível propor um conjunto de modelos conceituais, base para a implantação de técnicas e de procedimentos. Além disto, baseado nas considerações de Lees (1996), de Embrey (2000) e de Reason (2003) sobre cognição e análise da tarefa são sugeridas técnicas e procedimentos para a construção de heurísticas, algoritmo e utilização da análise de componentes principais para a predição da falha operacional e humana em ambiente sócio-técnico. Os novos modelos conceituais são apresentados através de etapas para a implantação de programas de perdas de processo, tanto na área de estabilização de processos, como em confiabilidade humana e que se inicia com a identificação das tipologias ou tipos de comportamento humano, social e técnico como indicado nas Figuras 3.2 e 3.3.

O comportamento da tecnologia é identificado utilizando conceitos sobre a interação entre estruturas humanas e técnicas e através de técnicas e procedimentos para analisar a tarefa, como indicado na Figura 3.2. A análise da cultura técnica é identificada a partir da leitura do discurso do operador na rotina por meio de mapeamento das anormalidades no turno ou MEA. As estatísticas realizadas no processo (AEP) e nos eventos anormais (EVA) permitem validar

algumas hipóteses e cancelar outras, viabilizando a construção das cadeias de anormalidades, aqui anatomia da falha, e também a identificação da cultura técnica, aqui ICT. Na identificação do tipo de comportamento social e humano, os seguintes tópicos são discutidos e apresentados na Figura 3.3: cooperação e liderança para a construção e fortalecimento de grupos de trabalho; identificação e manutenção do melhor padrão de comportamento; treinamento para desenvolvimento de competências; ações sobre a equipe para adequação das lideranças; planejamento e administração da produção no turno; desenvolvimento de senso crítico independente da motivação da empresa; e retorno da empresa para valorizar o senso crítico.

A apresentação dos conceitos, das técnicas e dos procedimentos de análise aplicados na identificação dos comportamentos técnico, social e humano será feita em duas etapas, inicialmente sobre a parte relacionada à tecnologia e à tarefa da produção (Figura 3.2) e depois sobre a parte relacionada aos ambientes de influência sobre a falha e relacionada ao tipo humano e seu relacionamento grupal na execução da tarefa (Figura 3.3).

3.1.1 Conceitos, técnicas e procedimentos na tipologia técnica ou tipo de comportamento da tecnologia e aplicação na tarefa

Para dinamizar a dissertação sobre o método de investigação serão utilizadas letras com números para a identificação de cada forma de embasamento ou de elaboração de hipóteses e validação das mesmas. Os conceitos novos elaborados nesta pesquisa são representados por (C), as técnicas para coleta de dados para análises estatísticas, além de outras, são representados por (T) e os procedimentos de análise da tarefa e de análise do comportamento humano e sua relação interpessoal são representados por (PA).

O conhecimento da tecnologia através da leitura dos manuais de equipamentos, processos e procedimentos permite analisar o discurso do operador (C1) observado através do livro de turno e da vivência no posto de trabalho. Este conhecimento sobre a tecnologia permite também iniciar a análise da tarefa padrão (PA1). A coleta de dados no livro de turno se inicia utilizando os princípios apresentados no Modelo dinâmico em sistema produtivo (C2) viabilizando, portanto, o mapeamento das anormalidades (MEA) ou dos eventos anormais

(T2). O MEA, por outro lado, permite a utilização de três técnicas e um procedimento de análise: o acompanhamento estatístico de processos (T3 – AEP) é feito com base em variáveis definidas pelo MEA que também define a estatística de eventos anormais (T4 – EVA) que são fatores operacionais da falha. Após o MEA se torna possível preparar a cadeia de anormalidades (T5) e também é possível analisar a falha na tarefa (PA2).

Para embasar conceitualmente a construção do nexo causal ou da cadeia de anormalidades, utilizam-se conceitos sobre o nascimento da falha (C5), a dinâmica dos fatores operacionais (C3) e o modelo da força da falha ou modelo de aprendizagem (C4).

Com o conhecimento e identificação da falha na tarefa e da tarefa padrão, com o auxílio das técnicas estatísticas (T3 e T4) se torna possível a validação de algumas hipóteses geradas a partir da cadeia de anormalidades. A partir da escolha de tarefas muito perigosas se inicia a análise de risco (PA3) baseada nos sinais de anormalidade levantados no MEA e organizados em forma de nexo causal.

Após a confirmação das hipóteses levantadas propõem-se novos padrões e procedimentos técnicos para situações de rotina e emergenciais. Pode-se afirmar que, neste momento, a cultura técnica e o tipo de comportamento da tecnologia e do desenvolvimento das tarefas foram identificados.

A tipologia técnica se relaciona com a tipologia social (ou tipo de comportamento dos ambientes relacionados - social, econômico e organizacional) e com a tipologia humana (ou tipo de comportamento do homem e grupo no posto de trabalho). A tipologia técnica influencia nos procedimentos de análise de competência (PA5, 6) e auxilia na investigação sobre o comportamento do grupo em ambiente de emergência durante a preparação de workshop (T12).

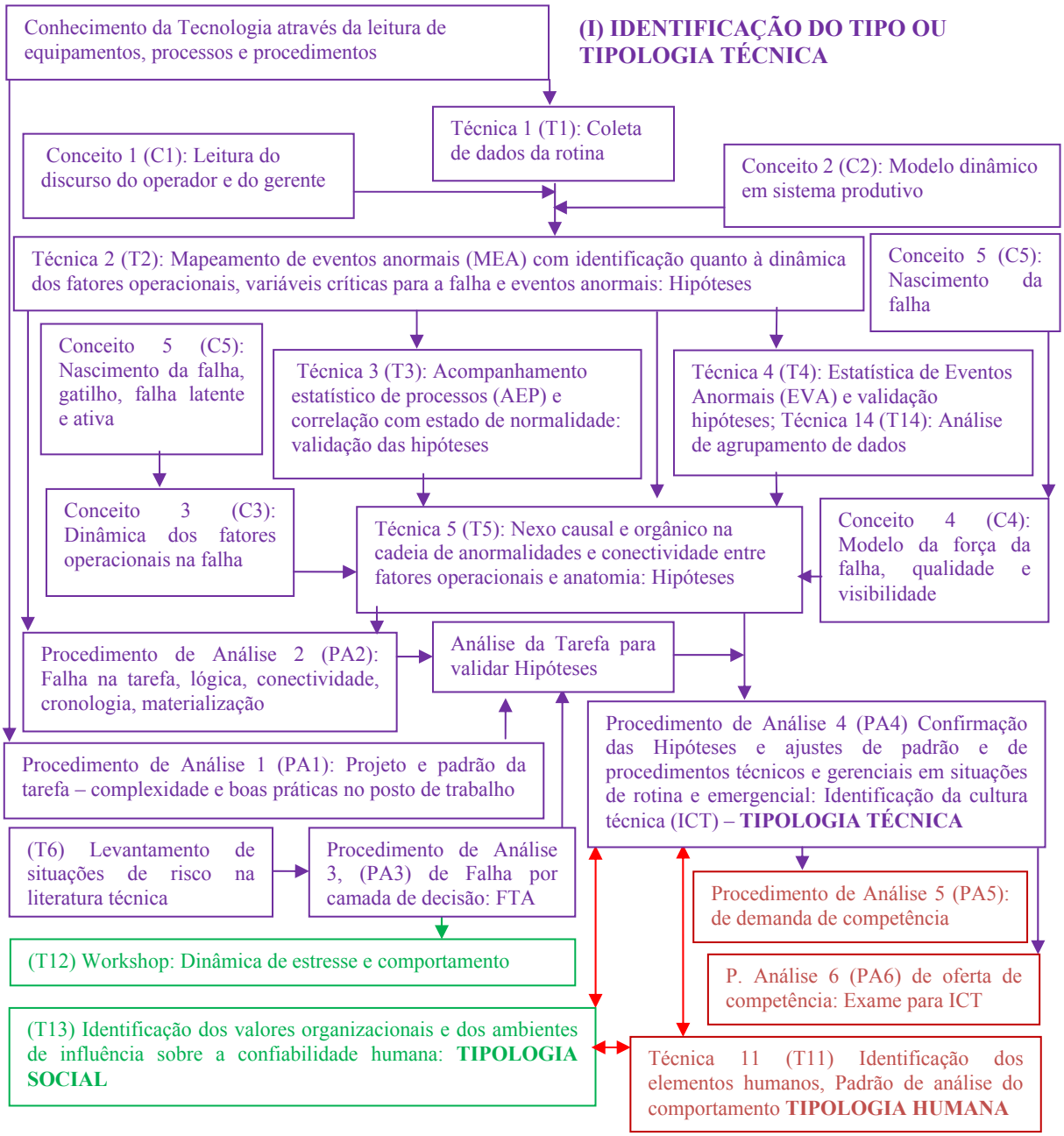


Figura 3.2 - Sequenciamento dos conceitos, procedimentos e técnicas para tipo técnico.
Fonte: Autoria própria.

3.1.2 Conceitos, técnicas e procedimentos na tipologia ou tipo de ambiente socioeconômico-organizacional e no tipo de comportamento dos operadores

Como indicado na Figura 3.3, da etapa de identificação de tipologia técnica migram informações da análise de falha (PA3) para compor o workshop viabilizando a dinâmica com estresse (T12). Através desta técnica é possível analisar o comportamento individual e grupal seguindo a decisão mais instintual do que cognitiva no tratamento de emergências. Da tipologia técnica seguem também informações para a análise de demanda por competência (PA5) e a preparação do exame de cultura técnica com o intuito de verificar a oferta por competência (PA6).

Na identificação da tipologia humana são utilizados conceitos de processamento cognitivo (C6) e de formação da memória conjugada com a inclusão das tipologias (C7) viabilizando a análise de competência e as outras análises do comportamento humano. No workshop realizado para coleta de informações sociais e humanas (T7, T8, T9) também é desenvolvida a dinâmica com estresse (T12) e o exame de cultura técnica (PA6). Ao coletar dados humanos e sociais é possível analisar o equilíbrio emocional da equipe (PA9), a cooperação da equipe (PA10) e a liderança (PA11). Dos resultados e observações da dinâmica com estresse é possível analisar o comportamento do grupo com estresse. Após coletar dados do RH (T10) é possível inferir sobre o compromisso (PA12) dos operadores em relação á organização.

Quase ao mesmo tempo pode ser feita a identificação da tipologia social (T13) através de técnicas e procedimentos de análise. O conhecimento anterior das normas e regras organizacionais facilita o entendimento quanto às políticas da empresa, daí por diante, deve-se em ordem cronologia, ter vivência na rotina para analisar compromisso e relações sociais (T12). Também verificar e interpretar os relatórios de clima organizacional e de segurança da empresa (PA13), analisar os registros e relatórios de SMS (PA14), confirmar as posições sócio-econômicas e identificar os principais rituais internos no ambiente de trabalho (PA15).

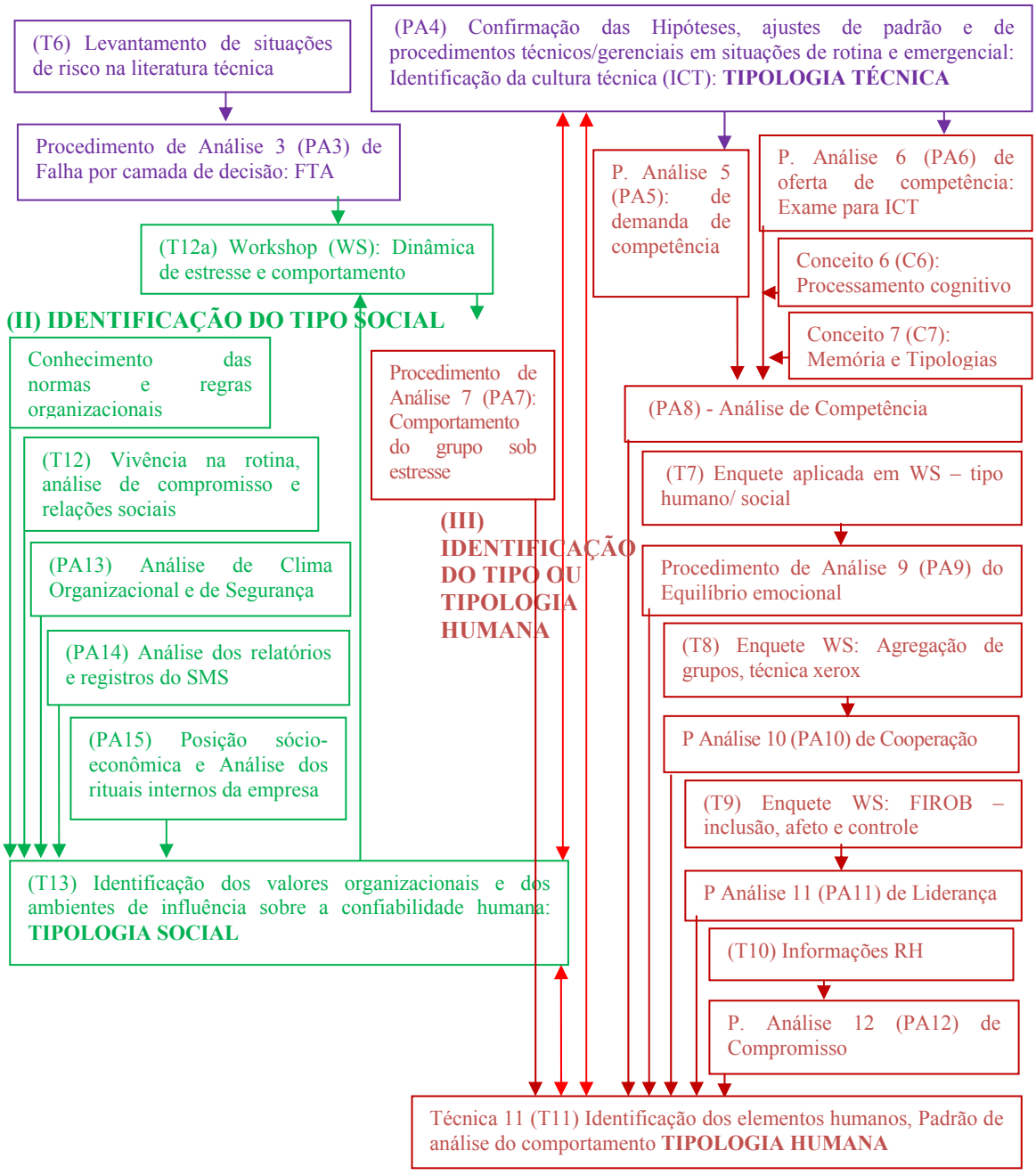


Figura 3.3 - Sequenciamento dos conceitos, procedimentos e técnicas para tipo social e humano.
Fonte: Autoria própria.

3.1.3 Conceito 1: Importância do discurso do Operador

Os modelos conceituais construídos nesta pesquisa seguem a tendência na administração da produção em valorizar técnicas *Bottom-up,* além dos aspectos intuitivos da gestão de produção (MOTTA, 2004). Como resultante da análise do discurso do operador, existe a maior aceitação dos programas de ação preparados destes métodos. É usado o Mapeamento de

Eventos Anormais (MEA) na Indústria (ÁVILA FILHO et al., 2006b, 2008c), que permite fazer a tradução do discurso do operador (livro de ocorrências) em nexo causal. Esta causalidade é revisada por análises estatísticas de processo, informações de controle da produção, estatística de eventos anormais e é validada pela opinião de grupos de operadores e líderes da produção.

O discurso do operador (DO) é a transcrição das ocorrências do turno na forma da escrita e do comportamento. De forma similar, o discurso do gerente (DG) é a transcrição das diretrizes gerenciais em forma de instruções para a equipe ou através dos relatos apresentados no relatório mensal de produção. O discurso do operador pode ser analisado a partir dos fatores operacionais descritos na escrita do livro de turno, e como a intenção é buscar a cadeia de eventuais sinais de anormalidades, buscam-se comportamentos neste sentido. A vivência no posto de trabalho ajuda a confirmar algumas hipóteses levantadas do livro de ocorrências.

O tipo de linguagem utilizada no turno permite interpretar a cadeia de anormalidades e também permite realizar inferências sobre as relações grupais e os mecanismos de manutenção de poder e de cooperatividade entre grupos e entre operadores.

3.1.4 Conceito 2: Modelo Dinâmico em Sistema Produtivo

Segundo Alvarenga et al. (2009), os fatores humanos podem ser avaliados em três níveis hierárquicos, comportamento cognitivo e interface homem-máquina, comportamento cognitivo quando trabalho em grupos (interação - PSF) e influência da cultura organizacional sobre seres humanos (PSF). Este dinamismo demanda uma forma de analisar as estruturas técnicas e humanas com os processos gerenciais e os ambientes organizacionais.

O modelo dinâmico em sistema produtivo facilita a interpretação de fatores que influenciam no aparecimento do erro humano e da falha operacional. Neste modelo, indicado na Figura 3.4, o cilindro central representa a tecnologia com seus equipamentos e processos (estruturas técnicas), os cilindros laterais agrupados representam as equipes de turno e do administrativo (estruturas humanas e sociais). Cada cilindro individual representa um operador da equipe de turno.

Os ambientes estressores são representados pelos círculos externos que influenciam os cilindros (ou estruturas técnicas, humanas e sociais). Os processos gerenciais e educacionais são vetores dinâmicos que aproximam ou afastam os agrupamentos de cilindros menores (pessoas e grupos) em relação ao cilindro maior (estruturas técnicas), para possibilitar a realização da tarefa. Os ambientes sociais, econômicos e organizacionais influenciam de forma diferenciada sobre as estruturas de equipamentos, dos processos, dos grupos, dos indivíduos e sobre os processos gerenciais e de aprendizagem.

O operador atua sobre o processo, executando procedimentos delegados pelo gestor da produção. Este operador que atua em equipe tem experiências de vida e história que é transformada em função social. Esta história do indivíduo é a base para atuação no sistema produtivo e é construída a partir da individualidade, da convivência social e em grupo laboral. A relação entre equipe e equipamento é descrita pelos processos gerenciais (instruções inseridas em tarefas) e de aprendizagem (incorporação de conhecimentos necessários para a tarefa). Os processos gerenciais e de aprendizagem sofrem a influência dos ambientes físico (temperatura natural e pluviometria), organizacional (cultura) e ocupacional (riscos de acidente e aspectos legais do homem no trabalho). A falha ocorre de forma dinâmica em estruturas que trocam energias com ambientes, daí a afirmação de que os fatores operacionais alimentam ou drenam energia para o crescimento ou enfraquecimento da falha (ações corretivas e preventivas).

As estruturas humanas e sociais relacionam-se com as estruturas físicas (equipamento e processo) através de processos de liderança nas equipes de produção e de relações que promovem a aprendizagem sobre a tarefa no chão de fábrica. Junto com o modelo dinâmico no sistema produtivo são apresentados conceitos que dissertam sobre a energia e a força da falha, fatores operacionais na anatomia da falha, “ganchos” ou características facilitadoras para a transformação da falha latente e outros.

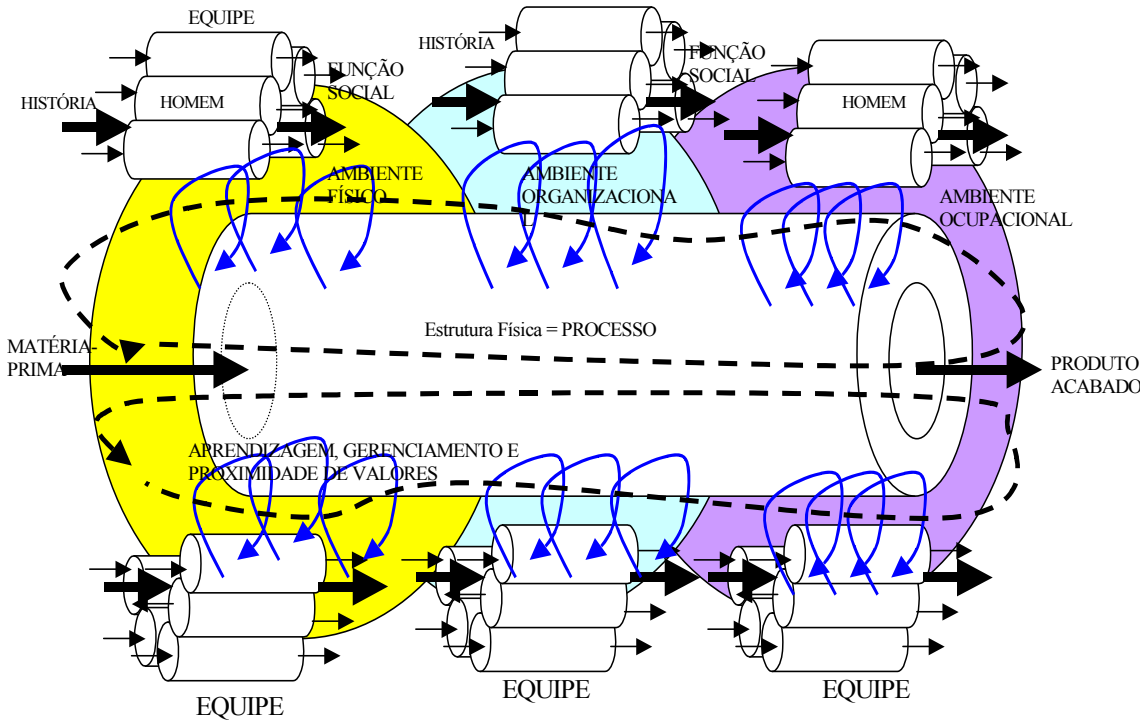


Figura 3.4 - Modelo Dinâmico do Sistema Produtivo.
Fonte: Ávila Filho et al. (2006b).

3.1.5 Técnicas: 2. Mapeamento de Eventos Anormais/MEA, 3. Análise Estatística de Processos /AEP e 4. Análise Estatística de Eventos Anormais /EVA

3.1.5.1 Técnica 2: MEA, REA

Segundo Ávila Filho (2004), o MEA, como indicado na Figura 3.5, facilita a visão global de um período longo de produção, este mapa permite verificar vários eventos ocorridos recorrendo ao manuseio de uma grande quantidade de dados em cenário de fácil identificação. Esta técnica facilita também a verificação da análise de eventos consecutivos e suas relações causais. O método avalia o que é causa e o que é consequência em eventos de natureza complexa e, bem assim, quais os níveis de causalidade e de efeito. Conhecendo as causas e consequências dos eventos, além de distinguir quais os fatores sinérgicos, falsos e antecipados, preparam-se tabelas com o propósito de evitar a repetição da mesma anormalidade. Em resumo, o MEA identifica quais são os eventos cíclicos, suas relações e os

períodos destes ciclos. Do MEA são construídas as cadeias de anormalidades e como resultado tem-se um relatório voltado para a discussão com as equipes de turno, o chamado REA.

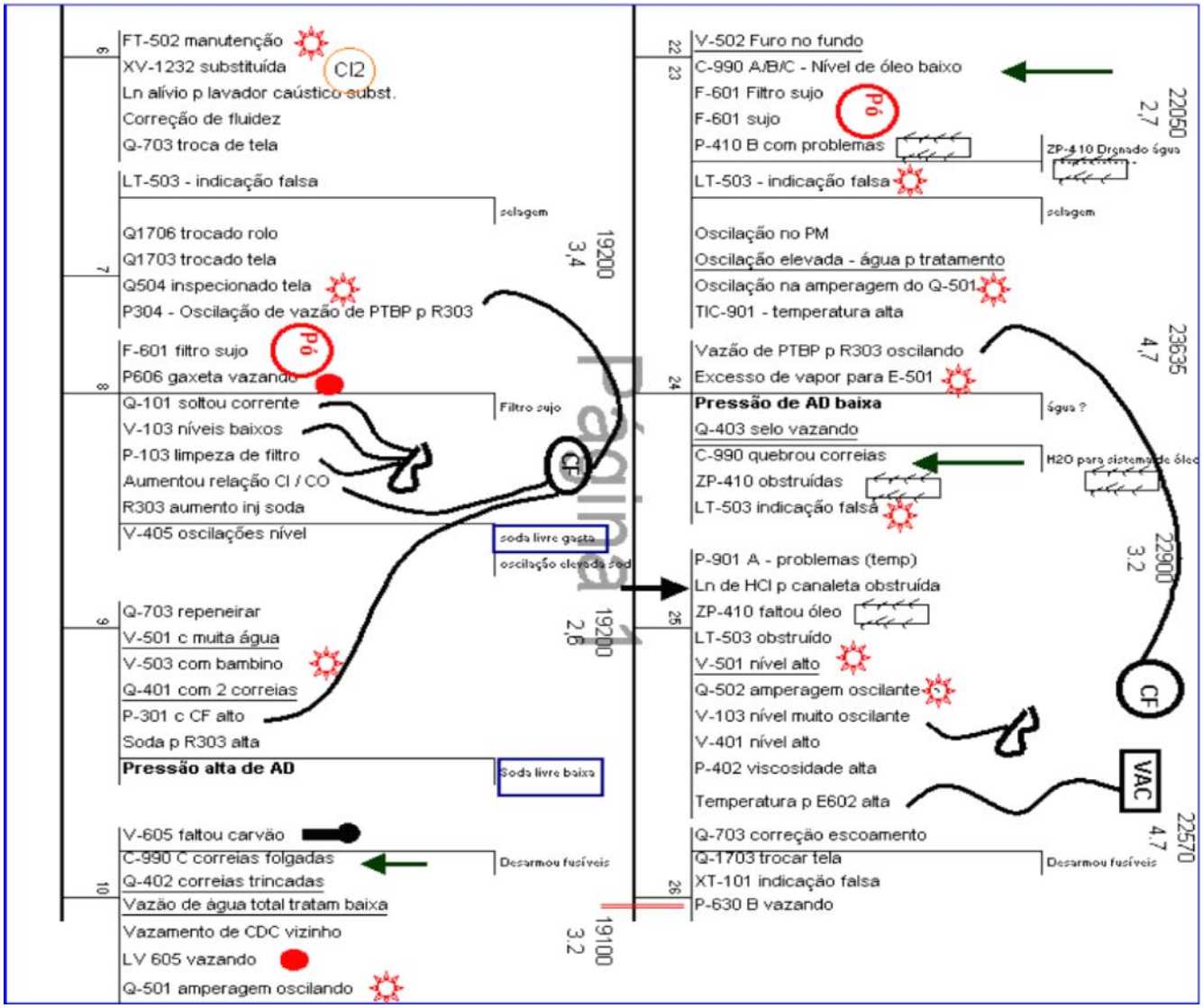


Figura 3.5 - Mapa de Eventos Anormais - MEA
Fonte: Ávila Filho (2004).

3.1.5.2 - Técnica 3: AEP e Técnica 4: EVA

Ainda segundo Ávila Filho (2004), o operador está constantemente envolvido com números e padrões que indicam a condição de funcionamento do sistema, setor do processo ou equipamento. Assim, faz-se necessário o manuseio de dados e informações através de métodos estatísticos. O operador tem resistência em interpretar gráficos e números, pois sua visão está ocupada com dados e informações para uso imediato na realização da tarefa. Existe o empenho do operador para saber o que está acontecendo, buscando soluções para os problemas, mas a falta de conhecimento do todo prejudica a administração de conflitos processuais, técnicos e sociais. A manipulação de dados de forma automatizada é outra armadilha que prejudica a interpretação do processo, a partir da estatística dos eventos e das variáveis. O excesso de dados a serem registrados, indicativos de falta de organização do gerenciamento em relação ao controle de processo, prejudica o senso de propriedade sobre o resultado desta coleta.

A equipe da área de operação precisa estar adaptada à estatística em todas as etapas do processo. A interpretação dos dados apresentados em forma de gráficos e números, que sumarizam o todo, depende do treinamento e da liderança sobre a equipe. Os líderes devem estar empenhados em interpretar a estatística das ocorrências anormais (EVA) e relacioná-la com os diagramas de causa-efeito construídos ou com os MEAs. A interpretação sobre os dados estatísticos do controle de processos e de produção (AEP) também devem ser apresentados continuamente para o turno. A estatística no chão de fábrica é um trabalho de conquista, para que o hábito de interpretar passe a ser difundido uniformemente e as carências por conhecimento na área de estatística sejam gradativamente supridas pelo gerenciamento e pelas lideranças formais e informais da fábrica.

3.1.6 Conceito 3: Dinâmica dos fatores operacionais na Falha

O trabalhador ou a equipe participa da construção da falha operacional na realização da tarefa e que identificada ao comparar o estado de processo/equipamento alcançado com os padrões esperados (econômicos, sociais e ambientais), ambos registrados na escrita das tarefas.

É necessário mapear os processos na rotina em busca de sinais de anormalidade e analisar a tarefa quanto à possibilidade de falha como indicado por Alvarenga et al. (2009) no modelo FRAM que propõe o modelo de ressonância do acidente. O mapeamento das anormalidades no turno tem como base de dados o registro das ocorrências e o relato de acompanhamento dos processos e da produção na indústria. Após conhecer a tecnologia, procede-se à análise da tarefa ou de procedimentos operacionais. Na leitura da rotina é possível extrair aspectos de anormalidade, sendo identificado como sinal ou aviso de falha operacional. Os sinais lançados e codificados sobre o mapa de eventos anormais com registros de longo prazo (3 à 5 meses) vão possibilitar a análise de relações (nexo causal) que possivelmente estão ocorrendo na planta industrial e que, devido à baixa visibilidade, não possibilita a decisão e a tomada correta de ações.

Segundo Leveson (2009), as falhas operacionais são provocadas por cadeias de eventos relacionados e que inicia com a causa raiz. O modelo de cadeia de eventos simplifica a causalidade do acidente e do processo e exclui vários fatores sistêmicos do acidente e interações indiretas ou não lineares entre eventos. No caso da cadeia de anormalidades, existe a preocupação de sinalizar os pontos onde os fatores se comunicam com outras cadeias de anormalidades para posterior análise da conectividade da falha.

A rearrumação dos avisos que serão reclassificados seguindo, a funcionalidade da tecnologia e a padronização das tarefas, vão indicar nexo causal ou história de ocorrência da falha operacional. A análise da anormalidade, em paralelo com a análise das etapas da tarefa permite classificar os fatores operacionais (ÁVILA FILHO et al., 2006b).

O fator operacional que altera a força da falha de forma geométrica é classificado como potencializador ou despotencializador, dependendo da direção do vetor falha. Também é possível diferenciar a causa da consequência na falha, e descobrir a causa raiz para o problema. O estudo dos fatores operacionais permite diferenciar o sinal/aviso de falha em relação à sua consequência, além de possibilitar a localização do ponto de realimentação da falha (reciclo de materiais, de energia e informacional). Ao analisar a lógica e a sequência dos fatores operacionais e levando em conta as omissões existentes na escrita do relatório de turno nota-se que, cronologicamente, certos fatores são lançados antecipadamente e outros são considerados falsos, por não ter lógica e causalidade na anatomia da falha operacional.

3.1.7 Conceito 4: Modelo conceitual de Força da falha

Ávila Filho et al. (2006b) discutem um novo formato dinâmico para a análise de falha nas operações da indústria. Afirma que a influência da estrutura da personalidade e dos processos de aprendizagem do trabalhador, do perfil da gestão e da cultura organizacional é traduzida na possibilidade de o homem cometer a falha. A influência dos aspectos do ambiente organizacional e físico determina a possibilidade de haver falha no processo. As características dos fluidos de processo, dos parâmetros operacionais, da eficiência dos equipamentos têm causalidade ligada ao tempo e aos padrões da operação. É importante analisar a falha a partir das suas várias dimensões e quantificar a sua força para evitar o grande evento, ou seja, o acidente.

Como indicado na Figura 3.6, no modelo de força da falha segue-se a trilha deixada e registrada no livro de ocorrências através de avisos (LEES, 1996), causas, consequências, ações que drenam a força da falha, enfim, fatores operacionais para entender a sua história passada e inferir sobre o futuro, viabilizando programas de prevenção de perdas na produção.

A causa da falha adiciona energia, direcionando os vetores da força para cima, em direção à zona de risco no cilindro. As consequências da falha são os fatores operacionais que realizam trabalho. As ações corretivas e preventivas drenam a energia da falha, dirigindo o vetor resultante para a base do cilindro.

Este modelo, indicado na Figura 3.6, utiliza coordenadas cilíndricas para a análise qualitativa e multidimensional da falha. A coordenada radial representa a medição do nível de visibilidade da falha, o eixo axial que indica a trajetória e força da força resultante de seus fatores operacionais indicando a falha composta.

A falha é dividida em fase inercial ou primeira fase (base do cilindro), fase de crescimento da falha ou segunda fase (meio do cilindro), e fase de risco ou terceira fase (final do cilindro). A altura do cilindro na fase de risco pode ser aumentada com a instalação de mecanismos de defesa de segurança ou sistemas de controle de processo.

A qualidade é classificada como: (1) ambiente ocupacional ou de impacto ambiental, (2) ambiente físico natural, (3) ambiente organizacional, (4) perfil gerencial, (5) fatores sociais, (6) fatores humanos, (7) procedimentos e (8) tecnologia. Quando a falha tem formação mista, será caracterizada classificação dominante entre os ângulos estabelecidos atribuindo peso e calculando a média ponderada. O vetor resultante da falha será o somatório dos vetores anteriores, posicionando a falha em ângulo composto de qualidade da falha em posição atualizada.

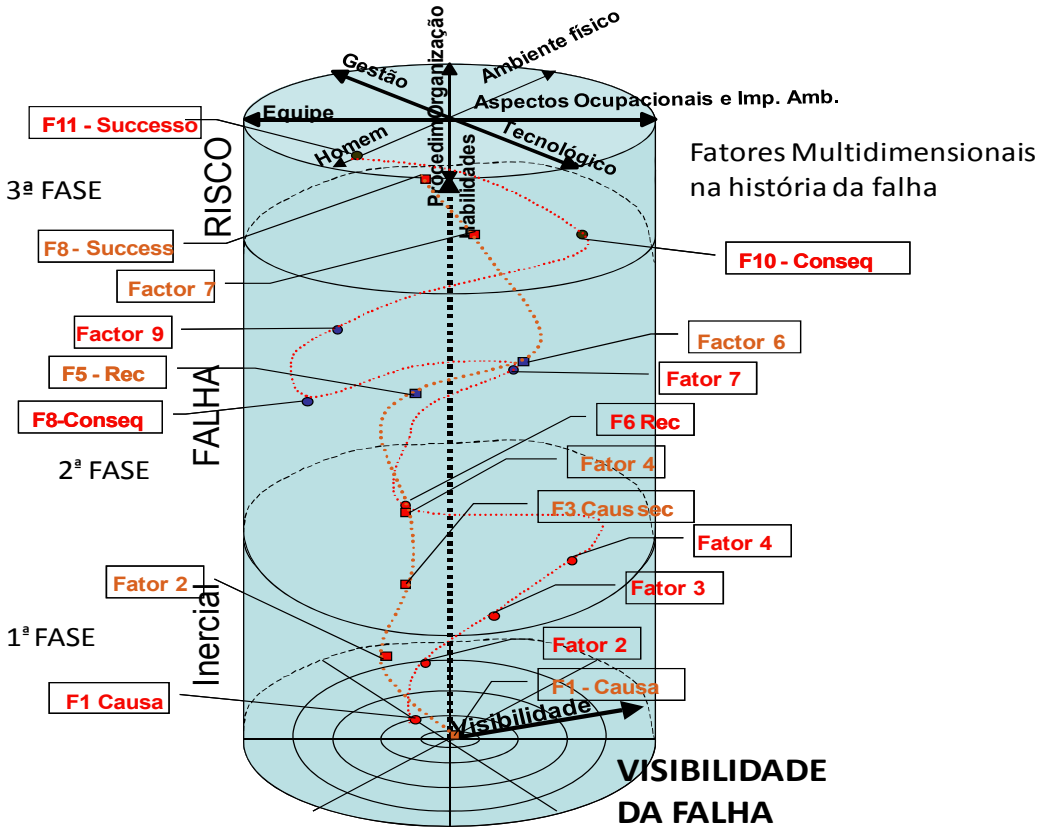


Figura 3.6 - Modelo cilíndrico para Falha operacional
Fonte: Ávila Filho et al. (2006b).

Os fatores operacionais com baixa visibilidade referem-se às causas, podendo ser a causa raiz ou secundária. Os fatores operacionais com alta visibilidade são as consequências, que realizam trabalho, podendo estar classificadas até o quarto nível ou quaternária. Os avisos de falha possuem alta visibilidade, assim como as ações preventivas. As ações corretivas têm visibilidade variável, dependendo do nível de conhecimento do operador sobre o papel desta ação ou o fator operacional.

Dependendo do conhecimento sobre a anatomia da falha, sua cronologia, a força e a capacidade de sistemas suportarem riscos elevados sem que ocorram acidentes, os fatores

operacionais têm movimentos diversos descritos no modelo de aprendizagem sobre a falha operacional. O tipo de tecnologia de produto e de processo, o tipo de comportamento das pessoas na equipe e o tipo de relação social afetam diretamente o comportamento da força da falha e o aparecimento dos fatores operacionais.

Na Figura 3.7, o modelo cilíndrico apresenta as seguintes situações: (a) a falha acontece de forma ascendente sendo notada através dos fatores operacionais e alcança a zona de risco onde ultrapassa o limite máximo do cilindro, evento maior que pode ser um acidente; (b) ocorrem falhas paralelas com fatores operacionais coincidentes dificultando a tomada de ação corretiva e preventiva; (c) a falha quando alcança à zona de risco, o gerente toma ação corretiva sobre a causa raiz, que anula a sua força sem ocorrer o evento maior; (d) a falha e seus fatores operacionais não aparecem para a operação e trazendo um gasto de energia excessiva e sem ação sobre a causa raiz.

Na tentativa de representar o modelo acima se sugere a formulação indicada no Quadro 3.1, a falha $\mathbf{F^o}$ depende da eficiência da máquina ($\boldsymbol{\varepsilon_M}$), da eficiência do processo contínuo ($\boldsymbol{\varepsilon_{CP}}$) e da eficiência das atividades e operações desenvolvidas ($\boldsymbol{\varepsilon_{IP}}$). A força da falha, $\mathbf{F^o}$ não tem a influência dos ambientes organizacional e sócio-econômica. A força da falha **F** com influências ambientais incorpora influências ambientais (P_{AF}, $£_{AF}$), gerenciais (P_G, $£_G$), organizacionais (P_O, $£_O$) e estruturas individuais (P_H, $£_H$).

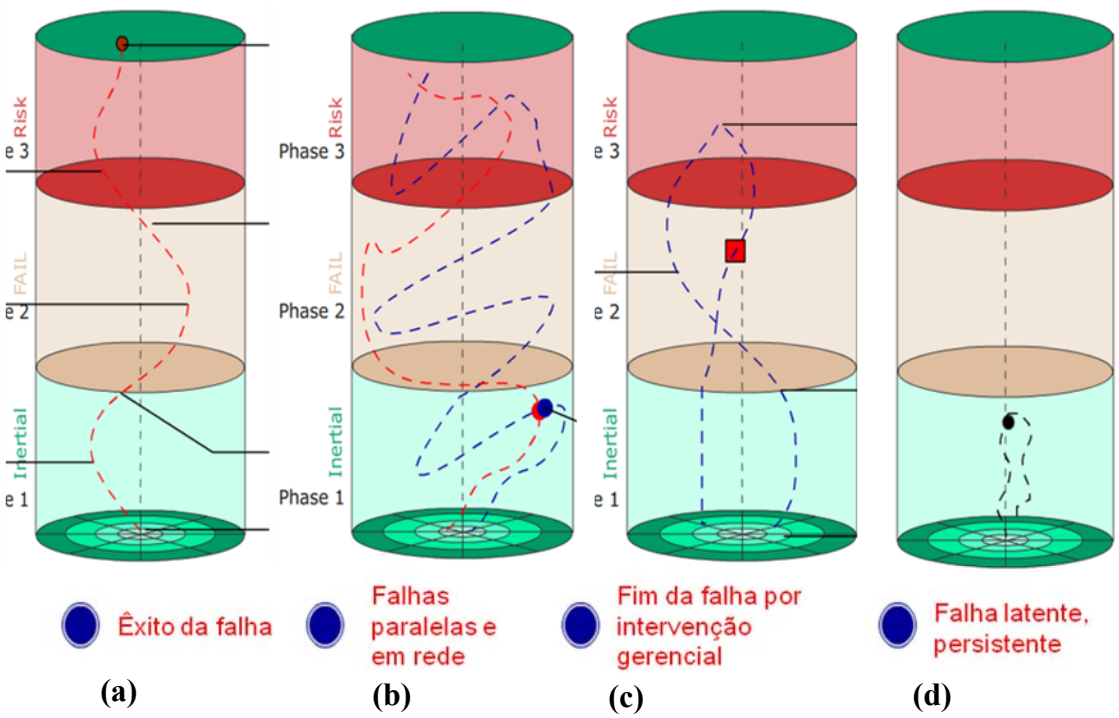


Figura 3.7 - Movimento dos fatores operacionais no ciclo de vida da falha.
Fonte: Autoria própria.

A altura máxima do cilindro da Figura 3.6 depende do distanciamento da Força F (resultante da energia de falha) em relação ao estado de normalidade sem falhas latentes, a base do mesmo cilindro. F é resultante de aspectos técnicos como apresentado na equação (F^o) e da influência de aspectos sociais, ambos relacionados na equação do Quadro 3.1.

Como fatores de influência na área humana para o cálculo da força da falha em ambiente sócio-técnico (F), sugerem-se aspectos ligados ao vício de ser dono absoluto da planta, por trabalhar em empresa pública (1), análise de períodos em que ocorrem movimentações políticas afetando, o clima dentro da empresa (2) e influência das lideranças, imbuídas em corrigir ou manter os vícios (3). Se a empresa for privada, outros fatores influenciam a força da falha como: o resultado econômico, a imagem e o tempo disponível para resolução de problemas.

$F^o = f(\varepsilon_M; \varepsilon_{CP}; \varepsilon_{IP}) \rightarrow \varepsilon = f$ (t, f, tecnologia, ciclo, C_{pk}, corpo da falha; frequência)

ε_M – Eficiência de máquina; ε_{CP} – Eficiência de processo contínuo;
ε_{IP} – Eficiência de processo intermitente
t = tempo de vida da falha; f = modo de falha; tec. = tecnologia (M, CP, IP)
Ciclo = repetição de atividade pelo tempo e pela carga
Corpo = tipo de materialização da falha no equipamento
freq. = frequência

P_{AF} = *Possibilidade do ambiente físico provocar a falha*
$£_{AF}$ = *Força da falha devido ao ambiente físico*

$$F = F^0 + F^0 \Diamond P_{AF} + F^0 \Diamond P_H + F^0 \Diamond P_G + F^0 \Diamond P_O = F^0 + £_{AF} + £_H + £_G + £_O$$

Quadro 3.1 - Formulação do Modelo de Aprendizagem da Falha operacional.
Fonte: Autoria própria.

3.1.8 Conceito 5: Nascimento da falha operacional

O nascimento da falha é o momento onde "os defeitos" das estruturas físicas e individuais, aqui tratadas como "ganchos" ou "patógeno residente" (REASON, 2003; HOLLNAGEL, 1993) são interligados por energia pulsante vinda dos fatores operacionais ambientais, provocando, assim, o estresse destas estruturas e o início de vida da falha com posição na base do cilindro (Figura 3.6).

As características da estrutura dos equipamentos e da estrutura do indivíduo e do grupo possuem defeitos ou "ganchos" que aumentam a possibilidade de cometer a falha individual, grupal, técnica ou ainda a falha de sistema resultante das anteriores. Algumas características

das estruturas humanas ou grupais podem provocar a falha individual ou de grupo; estes "ganchos" são formados em conflitos, nas etapas de formação da personalidade (FADIMAN e FRAGER, 2002), por exemplo, provocando a não aceitação de autoridades no ambiente laboral. As estruturas podem ter "ganchos" interligando falhas ou cadeias de anormalidades, favorecendo o formato de rede e dificultando o diagnóstico e a identificação da causa raiz na falha operacional.

A falha pode acontecer individualmente ou quando envolve um grupo de pessoas e afeta equipamentos; esta é classificada como falha operacional. A falha individual, que tem baixo impacto imediato sobre o grupo, pode provocar fadiga e estresse quando os seus efeitos são considerados de longo prazo.

No modelo cilíndrico de aprendizagem sobre a falha operacional, no momento em que a falha possui força igual a zero, significa que esta ainda não entrou na zona inercial, ou seja, na base do cilindro. Com a existência de "ganchos" nas estruturas e nos processos grupais e após a pulsação da energia ambiental (por exemplo: alterações na composição societária), ocorre o nascimento da falha e a entrada no modelo cilíndrico com força maior do que zero. O início da falha encontra-se em zona inercial e com baixa visibilidade, sendo considerada, portanto, como falha latente.

3.1.9 Conceito 6: Modelo para Processamento cognitivo, decisão e ação

O processamento da informação em tempo atual e considerando aspectos da memória é discutido para facilitar a preparação de um algoritmo como indicado no Apêndice H na Figura H.2. Neste caso é considerada a influência do ambiente externo tanto na forma passiva (recepção de sinais) quanto na ativa (transmissão de sinais). São analisados os processos envolvidos na transformação da informação: intuitivo (tem a ver com a aprendizagem intuitiva), primário (aprendizagem psicossomática) e secundário (aprendizagem cognitiva).

Já no processamento da informação, as funções cognitivas, as alterações intuitivas e os fenômenos psicossomáticos são equacionados em busca da utilidade na tarefa. A informação processada é útil para a tomada de ação, a qual possui funcionamento próprio. Em termos de

início e desenvolvimento da ação, pode-se considerar a atuação como motora, verbal ou imaginária. A atuação motora é quase sempre consciente e utiliza o movimento do corpo para a realização da atividade. A atuação imaginária pode ser consciente ou inconsciente: no caso consciente pode ser anterior à atuação motora ou verbal, ou ainda, simplesmente pensamentos sobre memórias ocorridas e afetos envolvidos. A atuação verbal tem o objetivo de comunicação de promover a ação em equipe buscando atender à utilidade da atividade operacional.

Uma função importante e que está relacionada com todas as outras é a memória. Como esta função depende da existência de mecanismos, neste trabalho será tratada como memória conjugada, resultante das tendências de fragmentação ou união da memória (DALGALARRONDO, 2000).

3.1.10 Conceito 7: Construção da Memória Conjugada na falha

O princípio de memorizar parece ser simples, onde todo fato psíquico ou social que possui valor é delimitado como história e vinculado ao centro consciente para ser resgatado quando solicitado. Mas, sabe-se que, além dos fatos conscientes vividos pelo indivíduo em interação com a família e a sociedade, existem os traços da história presente na memória individual (hipótese não comprovada). Estes traços da história podem ter proximidade cronológica, vindo de períodos anteriores imediatos (geração anterior) com arquétipos recentes, ou, hipoteticamente, memórias antigas instintuais, onde a sobrevivência física e o atendimento às necessidades de prazer são acentuados.

Freud (apud FADMAN e FRAGER, 1986) afirma que hipoteticamente, o que está sendo considerado como memórias antigas instintuais que constituem o Id. Os arquétipos (Jung, 2002) são memórias sociais que são consideradas padrão de comportamento absorvido pela personalidade. Este material mnemônico está presente no indivíduo em forma de traço ou fato psíquico. Este material é considerado traço quando está perdido no meio do universo de informações que circulam na mente. O material é considerado fato psíquico quando o vínculo afetivo estabelece uma continuidade histórica que é rememorável quando solicitado pela mente consciente do indivíduo na sociedade.

A percepção dos fatos ocorridos no ambiente externo requer sensores que percebam o sinal e o enviem para processamento, resgatando da memória as referências e, diante da utilidade para a sociedade, são utilizadas na tomada de decisões e no atendimento a objetivos pessoais e sociais.

A vivência afetiva, além de unir as sensações percebidas e semelhantes, relacionando o presente com o passado, cria um campo de influência que pode alterar o tipo de vínculo da memória do indivíduo com o seu comportamento na sociedade. Assim, funcionam operações cognitivas e mecanismos da memória, citados diversas vezes, e que alteram tanto o sinal percebido quanto a própria memória recente (memória de trabalho) ou antiga (base de conhecimento). Esta alteração atende à demanda universal pela vida, ou seja, atende ao princípio universal da estabilidade física (sobrevivência e preservação da espécie) e psíquica (inclusão social e estabilidade afetiva).

Neste momento, são apresentados três cenários típicos da memória em relação ao comportamento do indivíduo na sociedade, conforme indicado nos esquemas e figuras do Apêndice H na Figura H.1: (a) Memória fragmentada; (b) Memória modificada; (c) Memória normal.

3.1.11 Técnicas 1, 7, 8, 9, 10: Procedimento sobre coleta de dados

O tipo de comportamento resultante da tecnologia (ou tipo técnico) baseado na rotina é definido a partir de blocos de informações e interpretado de forma contínua e interdisciplinar. Assim são, interpretados dados do turno, indicando aspectos de logística, de manutenção e de problemas ligados a aspectos de segurança e ambiental. São interpretados dados de processo no bombeamento, compressão, temperatura/pressão na secagem e fornos. As questões de produtividade na logística são tratadas de forma exaustiva, buscando diminuir a possibilidade de erro humano.

(T1) Os dados do turno são coletados no livro de ocorrência, que, apesar de possuir alta omissão quanto aos acontecimentos, apresenta alta robustez devido à coleta ser exaustiva em todos os horários no período estudado. A omissão na escrita da ocorrência existe e depende de

regras culturais locais, da relação interpessoal e de aspectos de liderança em cada turno. O discurso do operador está inscrito no livro de turno, assim como as suas resistências, confrontos, segurança e medo. A competência relativa da equipe de turno é apresentada a partir do nível de qualidade, segurança e escala de produção alcançada.

(T3) Os dados de processo reproduzem a tecnologia, os materiais processados e o tipo de pessoas que compõem as turmas de turno. Como a atividade de logística depende do tempo de processamento e da disponibilidade de estoque, e são operações que podem ser descontinuadas, certas características são importantes em termos de processo, os quais podem funcionar em patamares dependendo do estado atual: durante a operação, na partida e na parada.

(T4) Informações a partir da estatística de eventos anormais são relacionadas com a classificação dos sinais de eventos anormais, independente da sua posição funcional na falha (fator causal, sinal, consequência ou potencialização da falha). A frequência destes sinais é medida alimentando a interpretação sobre o aparecimento da falha e a possibilidade de provocar aspectos de segurança ou de perda de produtividade na logística (perda de tempo).

(T4) Também a partir da estatística de eventos anormais são levantados aspectos por especialidade de manutenção. Interpretações quanto à causa raiz dos problemas são enriquecidas com estas informações. Existe a possibilidade de eventos que ocorrem com equipamentos rotativos poderem indicar falta de conhecimento sobre como operar bombas e compressores, ou ainda sobre como realizar serviços nestes equipamentos.

(T5) Informações a partir do mapeamento de processos (MEA) indicam a causalidade dos eventos que envolvem logísticas e segurança, no período entre janeiro e fevereiro de 2006. O nexo causal resultante é comparado com itens de processo, logística e segurança, quando então é emitido um relatório de diagnóstico a ser validado pela liderança formal e pela equipe de operadores. Esta metodologia de mapeamento possui baixa qualidade nos dados coletados devido ao efeito da omissão na redação durante o registro das ocorrências, o que garante a eficácia na utilização é a sua alta robustez.

(T6) As Informações de incidentes e acidentes a partir dos relatórios de SMS[23] são analisadas estatisticamente e alimentam a interpretação de tipos técnicos e humanos de comportamento. No tipo técnico, ou comportamento da tecnologia, são apresentadas as interpretações da seguinte forma: (1) variáveis de processo e padrões mais adequados de operação; (2) eventos anormais, estatística (EVA) e análise do mapeamento indicando causas e sinais (MEA); (3) análise quanto às atividades e operações de logística indicando os sinais de falha e padrões a serem estabelecidos; (4) demandas tecnológicas para o posto de trabalho indicando qual o perfil (demandado) adequado do operador e da equipe para executar as operações.

(T1) A principal base de dados deste trabalho é o livro de turno onde se encontram descritas as ocorrências da rotina e que possui, dependendo dos costumes da operação ou dos comportamentos sociais do turno, erros por omissão e comissão. Este tipo de comportamento é evidenciado por Reason (2003) e confirmado na operação de fábrica. A omissão se refere à falta de registro dos fatos como aconteceram, prejudicando a identificação do nexo causal. A comissão se refere a registros indicando a modificação dos acontecimentos em parte ou na sua totalidade. A comissão pode acontecer de forma intencional ou involuntária.

No livro de turno são extraídas informações das operações de logística (tipo, número, volume e número de operadores, além de identificação de tanques e navios), e das especialidades de manutenção relacionadas ao evento (mecânica, elétrica, instrumentação e caldeiraria). Também são identificados quais são os impactos dos eventos sobre a produtividade, ambiental e de segurança. Além do livro de turno, os dados são coletados de parâmetros da operação/processo, dos relatórios de incidentes e acidentes, além de informações sócio-humanas. Os dados de relatórios de processo são oriundos de informações do supervisório.

É pesquisado o tipo de tecnologia utilizada para confirmar qual o perfil demandante para os postos de trabalho na empresa. As variações no processo, de acordo com as operações, tenta estabelecer um padrão menos instável de operação.

Os dados de qualidade da matéria-prima, como teor de leves e densidade, influenciam diretamente na capacidade de processo. Em conjunto com os dados levantados a partir do

[23] Segurança, Meio ambiente e Saúde Ocupacional.

livro de turno, é possível preparar o nexo causal dos eventos, relacionando a turma e o horário de turno.

A coleta de dados é realizada utilizando *softwares* de banco de dados como o *Work* ou *Access*, e para o processamento estatístico (média, desvio padrão e gráficos) são usadas planilhas em *Excel*. No caso do processamento de dados qualitativos do turno, é utilizada a metodologia de Mapeamento de Eventos Anormais (MEA), que resulta na cadeia causa-consequência dos eventos (ou sinais) considerados anormais.

(T10) Baseado no banco de dados de Recursos Humanos (RH) da empresa e a partir de questionários aplicados aos supervisores e aos operadores, busca-se construir o tipo social e humano, apresentando o perfil ofertante para os postos de trabalho e o perfil demandante da tecnologia de logística.

(T7) Para definir os tipos humanos de comportamento são aplicados questionários (dirigidos a operadores e supervisores), são coletadas informações da área de Pessoas e SMS[24], na tentativa de inferir sobre o nível de conhecimento e de habilidade (indicativo de competência técnica). As características pessoais são interpretadas a partir das informações coletadas quanto à memória, à atenção, e ao comportamento na rotina (racionalidade, perfil em mudanças e nexo causal técnico).

(T8/9) No tipo de comportamento social, também a partir de informações levantadas por questionários (dirigidos a operadores e supervisores) e informações da área de pessoas (ou RH) e SMS, pretende-se inferir sobre a funcionalidade (aplicação da competência) e fidelidade (compromisso com a organização), desempenho com estresse no ambiente de trabalho, o nível de cooperatividade nas relações sociais (rituais), o estilo de comunicação em grupo (telefone sem fio), os papéis assumidos no trabalho, e a análise de liderança informal.

[24] Saúde, Meio ambiente e Segurança.

3.2 PROCEDIMENTOS PARA ANÁLISE DA TAREFA

3.2.1 Procedimentos de Análise da Tarefa na Rotina (PA1 e PA2)

A temática de análise da tarefa é discutida já há bastante tempo quando se investiga a eficiência de equipes no posto de trabalho e a origem da produção em massa. Ou seja, este é assunto ativo e importante desde a etapa de projeto de instalações industriais. A interação entre o trabalhador e o processo produtivo (que envolve máquinas, equipamentos, operações unitárias e supervisório de controle) envolve mais do que a questão física de acessibilidade ou de indicações dos estados de processo. Na verdade, o fator humano no IHM[25] requer atenção no sentido de motivar o controle de processo e depende do estilo local de gestão e a tipo humano de comportamento instalada naquela fábrica em determinada época.

A resultante do agrupamento humano também impõe estilos de tomada de decisão e de construções de mapa local que devem ser analisadas antes de rotular certas situações como anormalidade (na verdade são tendências naturais do processo definidas pelo tipo de comportamento social resultante de cultura local).

Diante de tamanha complexidade, divide-se a análise da tarefa em duas modalidades: (1) a definição de padrões de projeto ou ajuste de padrões, baseado no que se pretende atingir como meta para a normalidade resultante do controle de processo e (2) a análise da tarefa a partir das informações da rotina que indicam tendências a anormalidade, ou seja, análise de falha na tarefa. O objetivo destas técnicas está apresentado de forma resumida no Quadro J.1 no Apêndice J onde estão identificados por letras A e B.

Para a análise do planejamento da tarefa utilizam-se técnicas como: (A1) arquitetura da tarefa; (A2) projeto da tarefa baseado nos requisitos, etapas e metas; (A3) análise de dominância em fatores organizacionais; (A4) análise de esforço físico e cognitivo baseado na complexidade da tarefa e (A5) análise das etapas da tarefa por tipo e local.

[25] *Interface* Homem e Máquina

Para a análise dinâmica de falha da tarefa a partir das informações da rotina que indicam tendências à anormalidade: (B1) fenomenologia da falha na tarefa e definição do volume de controle; (B2) análise lógica da tarefa por tipo de fator e por tipo de dimensão sócio-técnica; (B3) análise da cronologia da falha; (B4) análise de migração da energia social e técnica na tarefa (materialização); (B5) Análise de conectividade da falha e (B6) análise crítica das barreiras de segurança na tarefa.

3.2.1.1 Procedimento de Análise do Projeto de tarefa (PA1)

O primeiro passo no planejamento da tarefa é definir o que se pretende atingir com a realização da tarefa e quantos procedimentos são necessários. Após a definição dos procedimentos e da ordem de realização é importante identificar qual o estado do processo/ equipamento após a realização de cada procedimento. Como medir itens de controle que indicam requisitos e autorizam o início do próximo procedimento. Assim, consegue-se estabelecer a arquitetura da tarefa e o seu projeto ou planejamento inicial. Em seguida, são analisados aspectos da complexidade da tarefa onde, dependendo dos fatores organizacionais, existem dominâncias relativas e etapas sequenciais ou paralelas. O esforço físico e cognitivo vai indicar as possibilidades de estresse, a classificação do tipo de atividade (etapa do procedimento), assim como o local de realização e as distâncias relativas; finalmente, a análise da linha de tempo da tarefa, conforme a função das suas etapas. Neste caso é importante acompanhar a Tabela G.1, Apêndice G.

(A1) Arquitetura da tarefa

A análise de arquitetura da tarefa requer cuidados para evitar muitos procedimentos e etapas desnecessárias, visto que, fica difícil exigir da operação o cumprimento de um conjunto extremamente complexo de etapas na tarefa. Assim, listas de verificação simplificadas ou ainda cartilhas próximas aos respectivos equipamentos facilitam a memorização e a utilização destes procedimentos, conforme indicado na Figura 3.8.

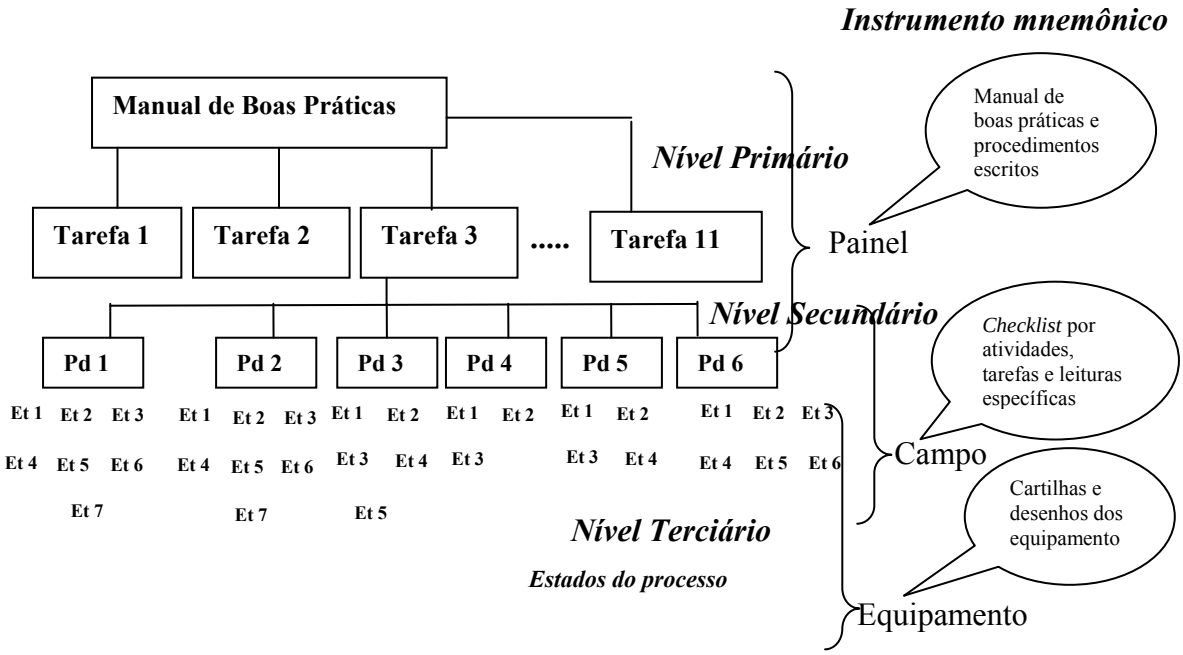


Figura 3.8 - Topologia ou arquitetura da Tarefa**.**
Fonte: Autoria própria.

(A2) Projeto da Tarefa

Pelo Quadro 3.2 divide-se a análise do Projeto da Tarefa em geral, específica e análise funcional. É possível atingir o estado meta específico devido ao procedimento estar bem escrito. Tarefas impossíveis não são valorizadas pela equipe de operação, levando a assumir metas parciais. Os riscos específicos estão relacionados com as etapas e os equipamentos envolvidos e requerem conhecimento de campo. A autorização tem a ver com os requisitos, enquanto o requisito é a condição para iniciar; a autorização é a verificação para permitir o sequenciamento da tarefa.

Análise Geral. Inicialmente identifica-se o título da tarefa, levando em conta que esta será composta por diferentes procedimentos. O título deve estar relacionado com o objetivo, de modo a facilitar a associação; isto também é válido para o título do procedimento. Nesta análise, deve-se estabelecer o objetivo da tarefa e o estado de processo que se pretende atingir. É importante relacionar o estado-meta de processo com os itens mensuráveis, possibilitando avaliar a eficácia da tarefa, medido pela distância relativa entre o atual e o padrão desejado.

Existem aspectos gerais estudados nesta etapa; o principal é identificar o risco de situações críticas na execução da tarefa. Tais riscos são relativos a questões como segurança para evitar acidentes, as possibilidades de impactos ambientais afetando a biota e comunidades vizinhas, os impactos à saúde humana integrando aos objetivos atuais do SMS, à qualidade de produtos e de processos, possibilitando a inserção no ambiente econômico, e aspectos que podem piorar a qualidade de vida. Os requisitos gerais para que a tarefa seja realizada satisfatoriamente são identificados e discutidos, sendo indispensável coletar dados diversos e identificar a necessidade de realização de atividades condicionais, para permitir o início da tarefa em projeto.

Análise Específica. De novo, é importante a escolha correta do título do procedimento, para permitir a rápida associação com a sua realização. Daí então a escolha das etapas levando em conta a capacidade de memorização (7 elementos primários e 20 elementos associados), o número de operadores envolvidos (com tarefas paralelas), os esforços cognitivos, os esforços físicos e a complexidade da relação entre as diferentes etapas. Os requisitos específicos são verificados antes da realização do procedimento, sendo, portanto, condicionantes para a realização da tarefa. Alguns destes condicionantes requerem conferência de dados de processo ou estados de equipamento/instrumentos na equipe, mas também pode ser devido a condições de segurança ou à presença de pessoas suficientes para realizar o procedimento.

Análise geral	**Análise específica**	**Análise funcional: automação e segurança**
Título da tarefa	Título do procedimento	Barreira de segurança (salvaguardas)
Objetivo	Requisitos específicos	Aplicação e equipamentos
Estado meta geral	Etapas do procedimento	Cuidados na rotina
Requisito geral	Estado meta específico	Alinhamentos
Risco geral	Riscos específicos	Malhas de controle automáticas
	Autorização de sequencia	Instrumentos críticos de medição e controle
		Controles críticos manuais

Quadro 3.2 - Temática para análise do projeto da tarefa.
Fonte: Autoria própria.

Análise Funcional. A análise das barreiras de segurança necessárias depende do risco de acidentes e de incidentes na execução dos procedimentos. Este é um assunto definido na tecnologia de processos e depende da experiência da equipe. Atualmente este assunto é discutido através de técnicas como a LOPA (análise por camada de proteção) e definições nos níveis de instrumento para adequar a metas organizacionais (SIL e SIS). A seguir, será

discutida a complexidade das tarefas e a localização dos sistemas instrumentados de segurança.

A lista dos equipamentos relacionados à tarefa e aos procedimentos constituintes é um ponto importante, no sentido de analisar a necessidade de controle de processo ou de segurança adicionais. Alguns aspectos relevantes quanto à possibilidade de contaminantes e ao movimento hidrodinâmico interno aos equipamentos indicam aspectos específicos na aplicação da tarefa cuja análise é importante. Ao identificar os riscos gerais e específicos, além das barreiras de segurança que envolve sistemas instrumentados e ferramentas gerenciais é importante incluir na tarefa aspectos relacionados à rotina, aqui nomeados como “cuidados gerais nos procedimentos operacionais”.

Alguns alinhamentos importantes devido a condições de pressão, temperatura, tipo de escoamento, inflamabilidade e toxidez dos produtos envolvidos merecem atenção na redação do procedimento. A análise destes alinhamentos pode requerer automação ou itens requisitados a serem atendidos. A descrição das malhas de controle críticas abertas e fechadas indica possibilidades de falha na execução do procedimento. As principais malhas analisadas neste momento são pressão, temperatura, vazão e nível, mas, dependendo do processo produtivo, outras malhas são analisadas para a realização das tarefas na rotina. Alguns instrumentos de medição críticos e que indicam atendimento a requisitos e autorizações para seguir adiante são analisados para aumentar a eficácia de realização dos procedimentos na tarefa.

Os controles manuais remotos ou locais têm importância na análise da tarefa, indicando a necessidade de automações ou verificações adicionais. Quando os controles são manuais em locais diferentes podem envolver esforços cognitivos e físicos, aumentando a complexidade da tarefa.

(A3) Análise de dominância em fatores organizacionais e paralelismo

A análise de dominância é realizada a partir de fatores organizacionais prioritários no valor econômico e social da empresa. Os principais itens discutidos na análise da tarefa envolvem aspectos de segurança e de custo na produção.

(A4) Análise de esforço físico e cognitivo baseado na complexidade da tarefa

A análise de esforço físico serve para indicar a necessidade de automatizar (motorizar) acionamentos ou ainda aumentar a quantidade de operadores realizando a tarefa. Em termos de projeto, este diagnóstico de esforço físico pode indicar necessidades de ajustes ergonômicos que vão possibilitar a realização da tarefa.

No caso de esforço cognitivo é preciso avaliar a complexidade dos procedimentos e operações, as quais podem ser remotas ou locais; também pode haver conexões paralelas, a serem realizadas por equipes multidisciplinares ou ainda por operadores de regiões diferentes apresentando culturas e dificuldades distintas em termos de linguagem. Já a complexidade, resulta dos seguintes fatores: nível de automação, dominância de atenção, nível de operações principais e fidelidade na execução da tarefa como escrita.

Complexidade da tarefa. No Quadro 4.3 estão descritos os esforços físicos e cognitivos, além de indicações da complexidade da tarefa como já citado anteriormente citado. O nível de automação mostra qual a relação de operações automáticas em relação a todas as operações realizadas. No Quadro 4.3, ligar bombas é uma operação com nível de automação baixo, baixo esforço físico e cognitivo, variações na execução da tarefa exatamente conforme redigido (70%), atenção em atividades principais metade do tempo, sendo a outra metade ocupada com atividades paralelas. A presença de operações principais em sistemas indica controle mais facilitado. Onde existem sistemas auxiliares de selagem ou lubrificação, por exemplo, pode haver dificuldades devido ao acompanhamento reduzido na atividade principal.

(A5) Análise das etapas da tarefa por tipo e local

O tipo da tarefa indica a necessidade de percepção, de atenção ou de construção de mapas mentais mais complexos. Estas atividades podem ser classificadas como de vigilância (V), onde se realiza um roteiro de visitas no campo ou nas páginas do supervisório, sem foco estabelecido e indicando o maior uso da percepção para anormalidades. Outro tipo de atividade é a de busca e ação (BA), que mostra o direcionamento do operador para realizar ações específicas em local específico, neste caso com maior esforço físico. No terceiro caso, planejamento e decisão por ação (PD), onde o operador, a partir de consultas a parâmetros

operacionais ou a dados de processo, pode optar por alternativas diferentes de ação, neste caso, com um maior esforço cognitivo.

3.2.1.2 Procedimento de Análise da falha na tarefa (PA2)

Planejar e analisar a tarefa são atividades que buscam o estado padrão de processo, de produto, dos equipamentos da indústria e dos operadores que atuam desenvolvendo as tarefas. O planejamento adequado da tarefa leva ao controle do processo e das operações.

Embora os procedimentos e padrões envolvidos na tarefa, com valores de operações e limites e manual de boas práticas busquem repetir o que é considerado economicamente e eticamente adequado para a atividade econômica, muitas variáveis podem provocar oscilações no controle de processo e das operações, levando a estados diferentes dos ideais.

Estes distúrbios de processo podem ser originados de fatores diversos na produção, dentre estes: variação na qualidade de matéria-prima, alimentação de reagentes para reator ou operações unitárias, disponibilidade de operadores com competência adequada para os serviços demandantes, sistemas auxiliares contaminados e que provocam distúrbios no processo principal, operação inadequada devido a necessidades urgentes definidas pelo gestor, e muitos outros fatores.

Neste momento, inicia-se a análise dinâmica de falha na realização da tarefa durante a rotina da operação. Para realizar este estudo deve-se definir a fenomenologia da falha na tarefa indicando, após a identificação dos fatores operacionais discursados pelo operador no livro de ocorrências, qual o nexo causal das principais falhas de operação e de processo.

Com a investigação das anormalidades de operação torna-se possível analisar: (a) delimitação física da falha e como (b) o corpo da falha viaja nos equipamentos de processo. Algumas técnicas são desenvolvidas para facilitar a identificação da causa raiz: análise lógica da falha, cronologia, materialização da falha (migração de energia), conectividade da falha e análise de barreiras de segurança da falha.

(B1) Fenomenologia da falha na tarefa e definição do volume de controle

Após a análise das anormalidades da rotina de turno, utilizando o mapa de eventos anormais e a estatística de eventos anormais, faz-se o reconhecimento da fenomenologia da falha, bem como a sua delimitação física, indicando as áreas em que estão sendo feitas investigações acerca do percurso do "corpo da falha" [26] nos equipamentos, conforme apresentado na Figura 3.9.

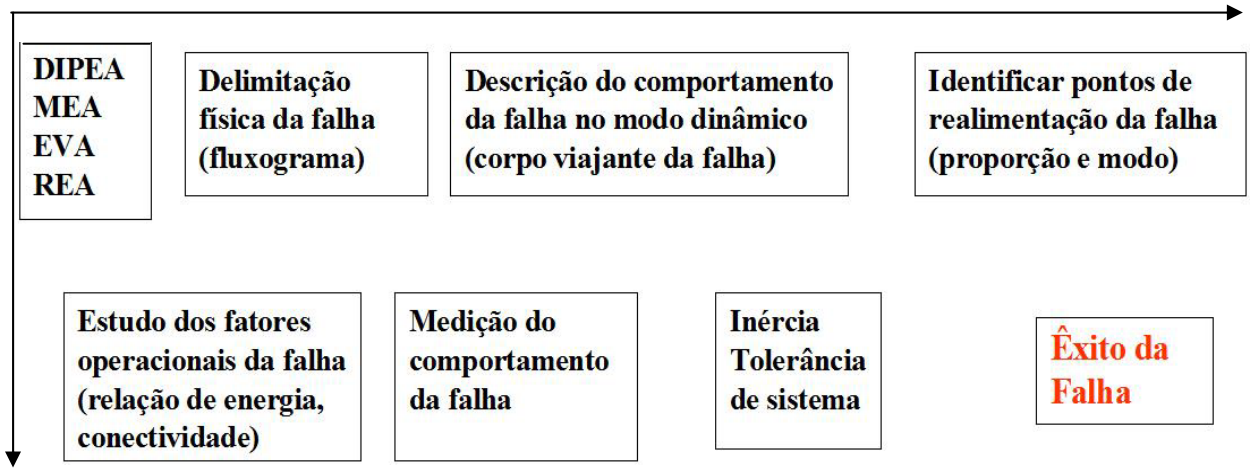


Figura 3.9 - fenomenologia da falha.
Fonte: Autoria própria.

(B2) Análise lógica da tarefa por tipo de fator e por dimensão social e técnica.

A ocorrência de cada fator operacional leva ao acúmulo de energia, indicando uma nova posição no vetor de falha no cilindro. O sinal da energia de falha é positivo quando é classificado como causa e, neste caso, ocorre alimentação de energia. O sinal da energia de falha é negativo quando o fator operacional é classificado como ação corretiva e, neste caso, ocorre a drenagem de energia da falha. O tipo de energia está relacionado com a qualidade do fator operacional correspondente, podendo ser estrutural (técnica e humana), ambiental (organizacional e física) e processual (estática e dinâmica).

Na análise lógica da falha (Figura 3.10) os fatores operacionais estão classificados na dimensão tecnologia, homem, gestão e organização abrangendo as principais estruturas, processos e ambientes do modelo dinâmico do sistema produtivo (Figura 3.4). A energia da

[26] Forma com que os erros humanos ou técnicos são materializados nos equipamentos, nos processos ou nos fluidos que percorrem os equipamentos de processo.

falha no sistema produtivo pode ser traduzida em trabalho na forma de sinalização ou aviso (baixa energia), ou de consequência (média energia) da falha operacional.

A capacidade das estruturas físicas de tolerar a falha sem provocar a sua explosão[27] equivale à altura máxima do cilindro e é traduzida como tolerância ou capacitância do sistema, localizada na zona de risco. Cada sistema possui tolerância específica para a falha, e depende de aspectos variáveis no tempo, tais como: o tipo de anormalidade, a influência ambiental, a capacidade do sistema em suportar estresse e a existência de barreiras de segurança. Ao se trabalhar com dimensionamento maior de instrumentos, instalação de outros instrumentos para segurança e alteração de internos ou de capacidade dos equipamentos, procura-se aumentar a tolerância do sistema (aumentar a altura do cilindro na zona de risco de acordo com a Figura 3.6).

Muitas vezes a falha não segue adiante na sequência do processo porque fica presa em determinado ponto do sistema produtivo, levando ao acúmulo de energia. Isto significa que para o sistema transferir a falha de um ponto ao outro do processo produtivo é necessário atingir um ponto de saturação de energia (tempo de retenção na Figura 3.10).

Em caso de sistemas complexos, a falha possui arquitetura em forma de rede, podendo ser investigada através do diagrama lógico em discussão. Os fatores operacionais podem dividir o fluxo de energia da falha, abrindo novo ramal para frente (*feedfoward*) ou para trás (*realimentação*), realimentando com energia o processo de falha.

O nó de rede humano ocorre quando o procedimento ou o comportamento de um indivíduo provoca a alimentação da falha em pontos diferentes ou origina diferentes caminhos de falhas por terem certo procedimento em comum na rede. O nó organizacional, baseado em normas, ocorre quando se faz divulgação indevida sobre formas de se comportar da empresa, não refletindo a ótica dos funcionários. O nó de rede gerencial ocorre quando o gerente transfere o seu vício e provoca o estresse em momento diferente na equipe de produção ou até em momentos simultâneos durante o acontecimento de determinada falha. O nó técnico ocorre quando envolve o processo, as operações unitárias, os equipamentos e até o procedimento operacional, através de linhas que interligam diferentes sistemas, transferindo problemas específicos para vários pontos diferentes.

[27] Valor máximo na função objetivo, por exemplo: lucro.

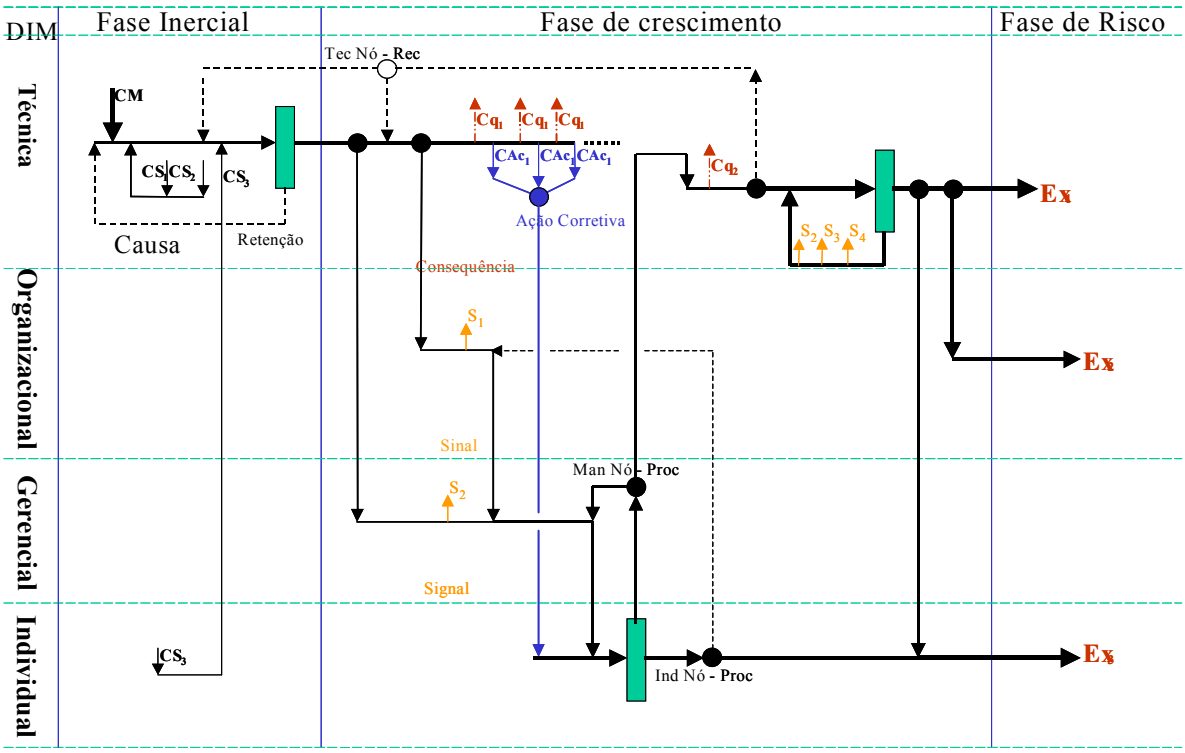


Figura 3.10 - Análise Lógica da Falha.
Fonte: Autoria própria.

O complexo mecanismo que envolve simultaneamente as possibilidades de falha no processo produtivo e de acontecimento das cadeias de anormalidades permite construir inicialmente um diagrama geral das possíveis anormalidades baseado em sinais ou fatores operacionais a serem validados.

(B3) Análise da cronologia da falha

Os tempos de cada fator operacional da falha na tarefa são estimados e lançados em um diagrama para facilitar a medição e o estudo da falha, como indicado na Figura 3.11. A medição da força da falha é relativa e está relacionada à aproximação do ponto máximo da falha na tarefa. Assim, o máximo de força da falha é indicado quando algumas variáveis contínuas e de contagem se aproximam do estado de total descontrole.

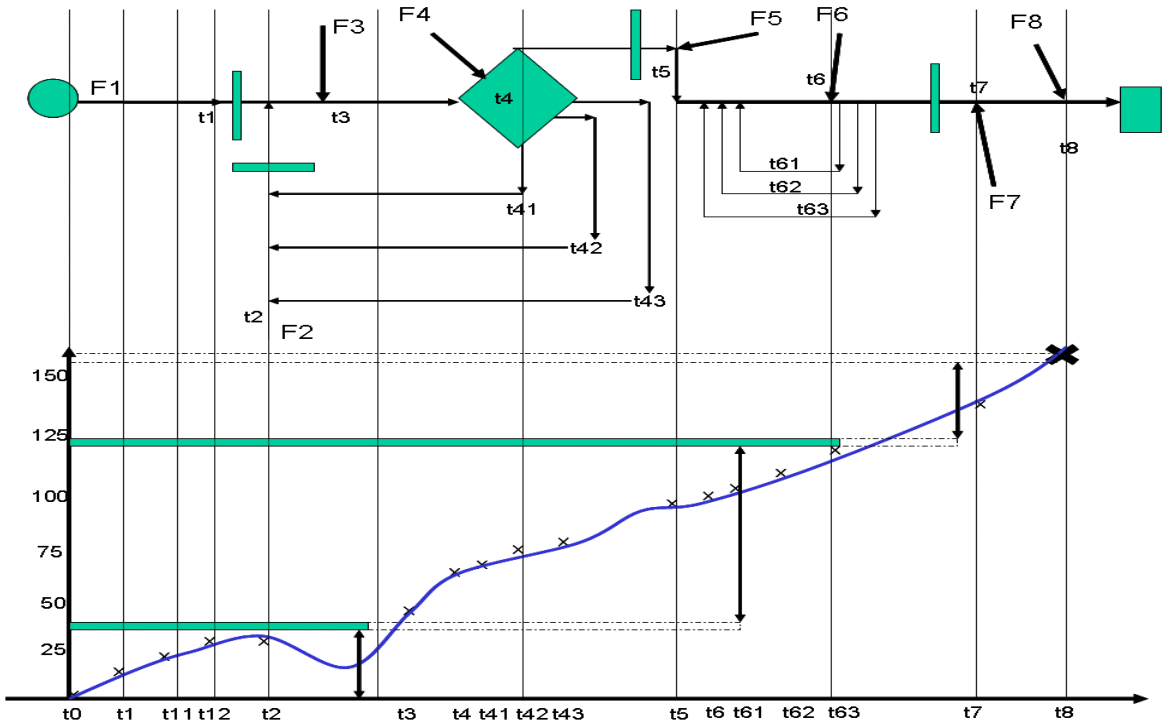


Figura 3.11 - Cronologia e funcionalidade dos fatores da falha operacional.
Fonte: Autoria própria.

(B4) Análise de migração da energia social e técnica na tarefa (materialização)

A realização da tarefa em determinadas situações na análise de falha revela o corpo da falha como resultado ocasional do discurso do gerente e de determinados ambientes organizacionais. Assim, a pressão da empresa pode gerar vícios ou formas de operar inadequadas resultando na baixa eficiência do processo.

A aceitação de baixo padrão de qualidade pela empresa coligada pode provocar descontinuidade ou redução de carga no processador como no caso de umidade alta em gases inflamáveis, levando à formação de hidratos nos sistemas de baixa temperatura. Outra possibilidade refere-se às diretrizes gerenciais que são passadas de forma inadequada para a equipe de área quente, que inclui fornos de reforma ou de pirólise, levando a controles operacionais inadequados e à presença de fuligem que prejudica o controle de chama no piloto e o controle de queimador. Outra possibilidade é a competência inadequada da manutenção, levando a falhas em válvulas motorizadas e solenoides. Esta competência é resultado de contratos inadequados e com valores reduzidos, impossibilitando a alocação de técnicos adequados para os postos de trabalho.

Muitos problemas de controlabilidade das válvulas de controle indicam erros de projeto tanto no Cv[28] de válvulas quanto em sistemas de ar de instrumentos. Isto traz implicações para os controles remotos e automáticos de fluxo e de pressão, ou seja, aspectos de projeto ou políticas de projeto levam a erros operacionais. Ou ainda fadiga da operação devido a excesso de esforço físico ou cognitivo levando a realimentar falhas de controle operacional ou serviços de manutenção que influenciam na tarefa.

(B5) Análise de conectividade da falha

Segundo Perrow (1984), a complexidade dos processos está nos laços de processo, ou reciclos/tubulações/interligações múltiplas que retornam ou enviam (migram) energia, material ou informação. Quando não está visível, esta migração dificulta a identificação dos fatores que promovem o estado do processo. Ao contrário dos métodos já discutidos, onde se estuda a tarefa e depois se verificam as possibilidades de falha, este método busca identificar os sinais (ou avisos) que indicam a presença da falha operacional e humana através do discurso do operador sobre o processo e o acompanhamento de variáveis críticas. Em seguida iniciam-se as etapas da análise da tarefa.

Para possibilitar a investigação de processos complexos foram apresentadas as seguintes técnicas e modelos: (a) Análise do sistema de produção a partir da influência dos ambientes (organizacionais, sócio-econômico) sobre as estruturas (equipamento, homem e equipe) e os processos gerenciais e educacionais; (b) Análise da força de fatores operacionais que compõem a falha, sua visibilidade e qualidade; (c) Análise da falha operacional pela lógica de seu funcionamento dentro da topologia de rede.

Ainda na investigação de processos complexos, são introduzidas outras análises complementares. A análise da falha pela cronologia onde para cada fator operacional são identificados a força atual da falha e o tempo para este fator se manifestar. A análise de materialização[29] (e) que mostra o aparecimento do corpo da falha (flutuação de pressão, contaminante, desequilíbrio de reação) ou no processo inverso, com a informalização[30] dos

[28] Índice utilizado para projeto de válvulas de controle e depende da vazão e da diferença de pressão.
[29] A energia de falha migra do formato de informação presente nas tarefas ou padrões para alterações dentro dos equipamentos de processo da indústria.
[30] Transformação de energia de falha presente nos materiais e energias de processo para o discurso do Gerente ou do Operador.

aspectos físicos da falha operacional, trazendo a resultante para a energia informacional (por exemplo: estresse do operador).

Vale à pena ressaltar que, em um processo de falha, o discurso do gerente transmite os padrões desejados e as tarefas a serem realizadas para ser transformado em trabalho nas estruturas da tecnologia (máquinas e processos). Este trabalho é materializado nos equipamentos de processo. A partir do discurso do gerente e dos líderes, o operador executa a tarefa sobre os equipamentos e processos e retorna para registrar seu discurso sobre o controle da tarefa no livro de ocorrência do turno, principal base de dados desta metodologia.

Outra técnica que investiga a complexidade no processo de falhas é a análise de conectividade (f) apresentada na Figura 3.12 (exemplo: falhas com água de resfriamento). Neste caso, os fatores operacionais relacionados com as falhas são identificados, classificados, relacionados e estudados.

Os seguintes aspectos da falha são analisados: tipo de relação classificada como causal ou orgânica, dependendo do nível de complexidade (número de malhas automáticas por manual, número de linhas principais em relação a linhas de utilidades, % de utilização do procedimento na prática) e do nível de envolvimento do conjunto social na falha técnica indicando a classificação da falha como erro humano; tipo de fator operacional com as respectivas causas (raiz e secundária) e consequências; pontos de materialização e de informalização da falha; pontos de recirculação da falha, os novelos de retorno de energia, material e informacional; identificação dos sinais da existência da falha; identificação dos pontos de medição da força da falha; identificação das ações corretivas (que agem sobre as consequências e não sobre as causas) e das ações preventivas (que deveriam agir sobre a causa raiz); identificação dos fatores operacionais principais nas etapas do processo e em sistemas auxiliares com a identificação em diagrama de blocos. Também se identifica no diagrama de conectividade o estado máximo alcançado no processo de falha levando ao acidente ou qualquer outro evento maior onde existe o alto impacto econômico ou na qualidade de vida.

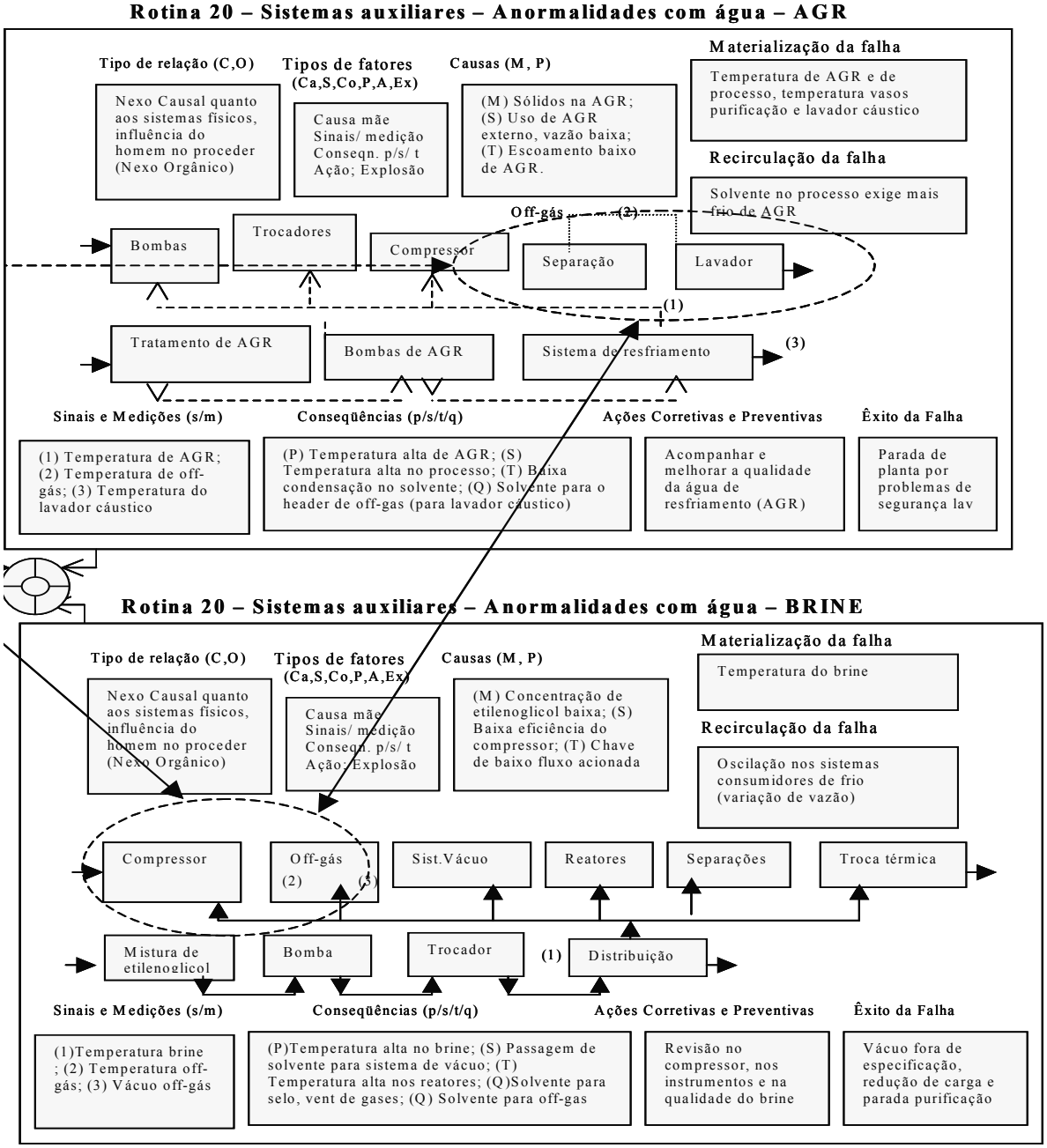


Figura 3.12 - Análise da conectividade entre anormalidades operacionais.
Fonte: Autoria própria.

Quando várias anormalidades acontecem em paralelo com fatores operacionais de cada anormalidade, que são comuns ou trocam de energia, como indicado na Figura 3.13, é necessário avaliar a conectividade da falha. A causa raiz da cadeia de anormalidade vermelha é (1 vermelho), a causa raiz da cadeia de anormalidade azul é (1 azul), no entanto, a causa raiz da cadeia de anormalidade verde é (2 azul).

O fator operacional que mediante isolamento (através de mecanismos de defesa que podem ser ações gerenciais ou tecnológicas) pode congelar todas as falhas é o (4 roxo) e as principais consequências envolvidas nestas três cadeias de anormalidades são (6 roxo) e (6 vermelho).

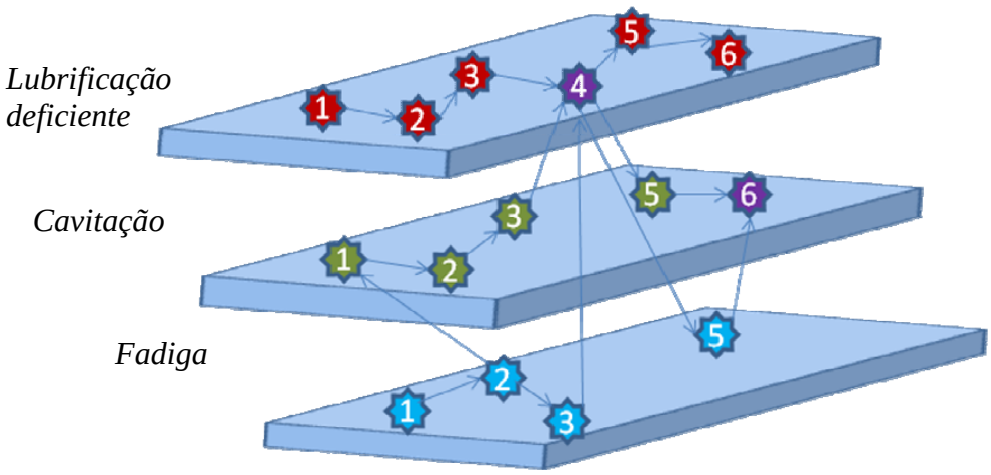


Figura 3.13 - Falha em forma complexa, rede de fatores.
Fonte: Autoria própria.

(B6) Análise crítica das barreiras de segurança na tarefa

A análise da tarefa, incluindo a sua arquitetura, as funções, os tempos e os aspectos ligados à segurança, facilita a análise da barreira de segurança. A análise de falha na tarefa, incluindo a lógica, a análise temporal da força, e a conectividade entre fatores operacionais, facilita a construção do diagrama para analisar barreiras de segurança na tarefa.

Este estudo é analisado considerando se as etapas acontecem em sequencia ou de forma paralela e onde a análise da falha da tarefa indica o ponto onde deve ser instalada a barreira de segurança. A análise de dispositivos e ferramentas de segurança pode ser feita sobre a camada organizacional e sobre a camada de ações da tarefa. Outro contexto que influencia diretamente o crescimento da possibilidade de acidente ou de incidente é a temperatura ou outros fatores ambientais.

3.2.2 Comportamento em Emergência ou Estresse extremo ou Procedimento de Análise da Tarefa em Falha (PA3)

Em momentos deste trabalho foi confirmado que os comportamentos da equipe de operação diferenciam entre momentos da rotina e situações de emergência ou de estresse extremo (uma parada de emergência). Assim, propõe-se a análise do comportamento dos operadores em condições de risco, na busca de respostas do seu inventário de conhecimento e com base no trabalho em equipe.

A metodologia proposta para se alcançar este estado de estresse e analisar se os conhecimentos inventariados na equipe são suficientes para resolver a emergência envolve as seguintes técnicas: a dinâmica da equipe onde são analisados os comportamentos e os mecanismos gerenciais; a análise de risco posterior com o cálculo da frequência de acidente; e mecanismos de defesa a serem instalados em equipamentos e processos para diminuir o risco de acidentes.

Em ambos, existe uma série de eventos sequenciados em níveis diferentes, como apresentado na Figura 3.14. Em cada série de eventos são tomadas decisões pela operação quanto aos sinais de falha, quanto a correções para o processo, quanto a formas de operar ou realizar as tarefas e manter os equipamentos.

A primeira técnica pretende aferir a reação da equipe e a qualidade das ações propostas, de modo a evitar a continuidade do processo de acidente. A segunda técnica pretende calcular a frequência do acidente baseada na frequência dos eventos estimados na primeira técnica, analisarem as consequências do sinistro para a empresa e para a comunidade, propor a instalação de barreiras para evitar o acidente no nível gerencial e com dispositivos de segurança para as instalações e recálculo da frequência de acidentes.

1ª Técnica: Construção da Análise de Risco em Equipe, etapas.

(1) Identificação dos sinais de anormalidades (MEA); (2) Codificação e encadeamento em nexo causal (REA); (3) Escolha da tarefa crítica para análise de risco em equipe (SMS, Produção e Confiabilidade Humana); (4) Levantamento de dados junto ao SMS e operação sobre o evento escolhido, caso do forno; (5) Reuniões com *staff* e operação para corrigir nexo causal elaborado a partir do MEA; (6) Construção da situação dividida em decisões críticas na equipe, onde D1: Sinais de processo/operação, D2: Descontrole de processo, D3: Anormalidades em equipamentos e na tarefa, D4: Situações inseguras com incêndio e explosão, D5: Situações fora de controle que afetam a comunidade vizinha; (7) Em uma dinâmica de equipe, interpretar quais as decisões para que o evento não continue; (8) Analisar o estresse provocado pela situação nas equipes e classificar por meio de pontuações o comportamento quanto a esclarecimentos solicitados, comunicação entre operadores (1, 2, 3), liderança estabelecida (sim/ não), liderança rotativa (sim/ não), nível de estresse (1, 2, 3), compromisso com a realização da tarefa (1, 2, 3), novas ideias que surgiram no grupo (sim/ não), Movimentos físicos em excesso (sim/ não); (9) Processar os dados e consensar as decisões, resultando em análise de comportamento com estresse.

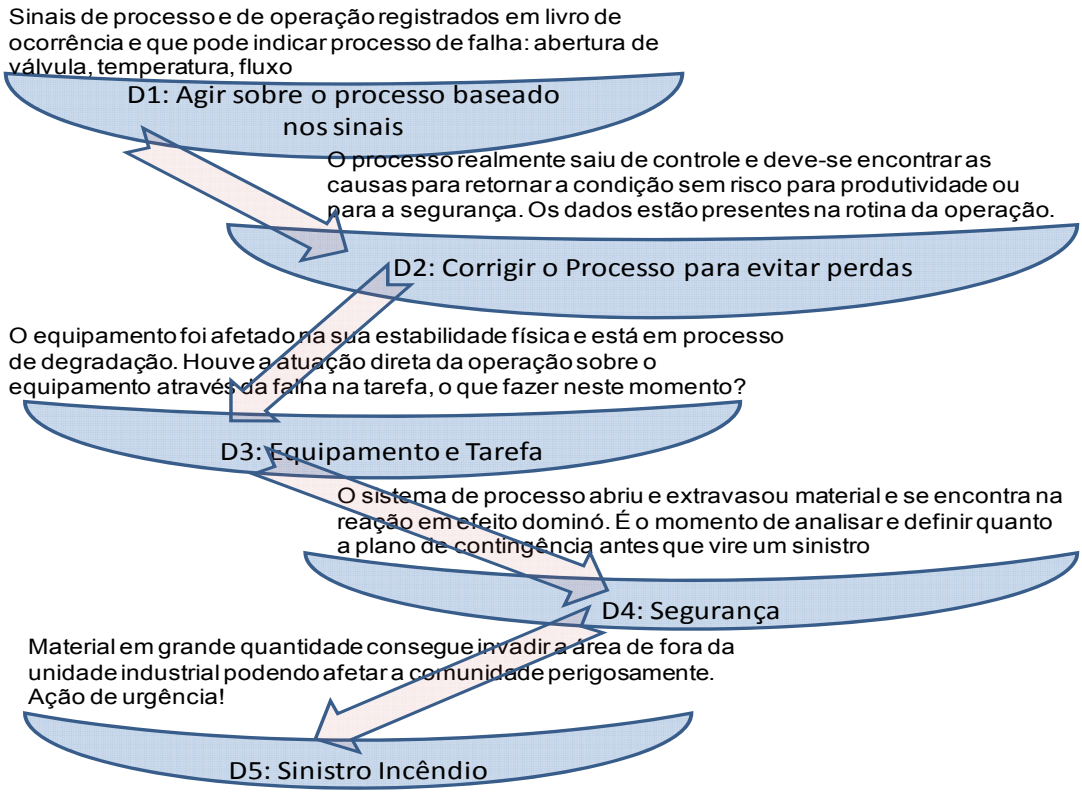


Figura 3.14 - Análise de risco baseado em dinâmica e árvore de falha.
Fonte: Autoria própria.

2ª Técnica: Construção da análise de árvore de falha seguindo decisões na operação, etapas.

Também usa os sinais de anormalidades citados na dinâmica com a equipe para análise de risco repetindo as mesmas etapas de 1 a 5 anteriores. (6) Definir a anatomia da falha por nível de decisão; (7) Identificar para cada fator da anatomia da falha, os operadores lógicos apropriados: AND ou OR; (8) Estimar as probabilidades de cada evento; (9) Calcular a probabilidade da falha final; (10) Verificar o impacto sobre a comunidade; (11) Preparar um programa de ações gerenciais e técnicas e recalcular a probabilidade da falha.

3.3 ANÁLISE DE COMPETÊNCIA E RÉGUA DA PERSONALIDADE (PA8)

A seleção e o treinamento de pessoal são funções importantes da área de Gestão de Pessoas, outrora chamada de Gestão de Recursos Humanos. A atividade de seleção tem como objetivo diminuir o risco de perda de eficiência da organização resultado da falta de conhecimento, da falta de habilidade ou até mesmo da falta de entendimento do empregado sobre as regras da empresa representadas pela política e normas organizacionais.

O tipo de competências demandadas para as atividades de rotina depende do tipo de tecnologia de processo e de produto. Muitas vezes, esta competência não está pronta sendo necessário o desenvolvimento através de treinamentos, formação de novos conceitos e trabalhos de campo para aquisição de habilidades. A identificação da cultura técnica permite, através da interpretação (leitura) do discurso do operador, construir a demanda da tecnologia. A realização de exame sobre práticas da planta industrial permite aferir se os operadores coincidem nos comportamentos, na comunicação e no tipo de mapa mental construído para a realização da tarefa.

O papel do operador na rotina é discutido por Ávila (2006c) quanto ao processo de aprendizagem e quanto à execução utilizando os inventários de conhecimentos e habilidades instalados. Assim é que se apresentam os métodos de controle operacional e que sofrem a influência dos ambientes, sendo estes relacionados à instalação e medição de: (a) conhecimento necessário e aplicado, (b) habilidades necessárias e aplicadas, (c)

conhecimentos, processos e operações específicos, (d) aspectos comportamentais no ambiente de trabalho.

A ferramenta que aqui se apresenta pretende diminuir problemas de divergência entre o perfil do operador e a cultura da organização promovendo um maior compromisso psicológico e tendo como resultante uma menor possibilidade do homem e da equipe de cometer a falha. Esta técnica pretende aumentar a confiabilidade operacional, ou seja, a confiabilidade do homem e da equipe em atuação sobre o processo. Ao mesmo tempo, pretende aumentar a confiabilidade do processo, equipamento e impactos ambientais e de segurança, promovendo maior conforto para o homem. Esta metodologia admite que os ambientes influenciadores possam mudar com o tempo, alterando o equilíbrio de processos, estruturas e outros ambientes na indústria.

Consideram-se ambientes influenciadores principalmente os valores e as regras sociais, o cenário econômico que afeta a forma de funcionamento da sociedade, dos grupos e da família. Outro fator, ou ambiente influenciador, é a natureza que circula a sociedade e as atividades econômicas onde se insere a indústria. A mudança climática e o desequilíbrio de ecossistemas naturais vão alterar o ambiente onde está inserida a atividade fabril e, consequentemente, provocar alterações nos sistemas técnicos e sociais.

Entende-se como sistema técnico, toda a infraestrutura necessária para que haja a produção de produtos ou a realização de serviços. Assim, os equipamentos, os sistemas, os procedimentos, a interface homem-processo constituem fatores ou processos, ambientes e estruturas do sistema técnico. Como sistemas sociais, entendem-se os aspectos estruturais, como a personalidade do indivíduo e da equipe; aspectos processuais, como as formas de aprendizagem, de gerenciamento, de liderança e, consequentemente, de formação de equipes; e finalmente, aspectos ambientais, como o ambiente organizacional.

Esta ferramenta gerencial utiliza aspectos qualitativos e quantitativos e pretende, portanto, comparar a oferta de competências disponíveis no mercado de trabalho externo (não empregados) ou interno (empregados) com a demanda de habilidades e comportamentos específicos pelo operador ou profissional que atua na área de operação. Com esta investigação, uma das possibilidades de o homem cometer falha na organização passa a ser monitorada, incluindo as variáveis ambientais. O estudo do caráter e da personalidade do

homem vai compor suas características pessoais. Por outro lado, as demandas da tecnologia, da organização e do perfil gerencial são posicionadas como ambientes ou condições características para a realização da tarefa ou do trabalho do operador. O principal resultado desta metodologia é, após comparar competências demandadas e ofertadas, conferir se existem diferenças quanto ao poder de percepção de problema e de elaboração do mapa mental para sua resolução. Destas diferenças se constrói um programa para ajuste de competências nas áreas técnicas e socais.

A técnica da Régua da Personalidade, aplicada no formato gerencial, fornece condições para analisar as competências na equipe da operação e está descrita na Figura 3.15. A análise de competências se concentra em medir a diferença entre competências ofertadas (PA6) presentes na empresa ou disponíveis no mercado de trabalho em relação às competências demandadas (PA5) pela empresa, a partir de aspectos tecnológicos, gerenciais e organizacionais.

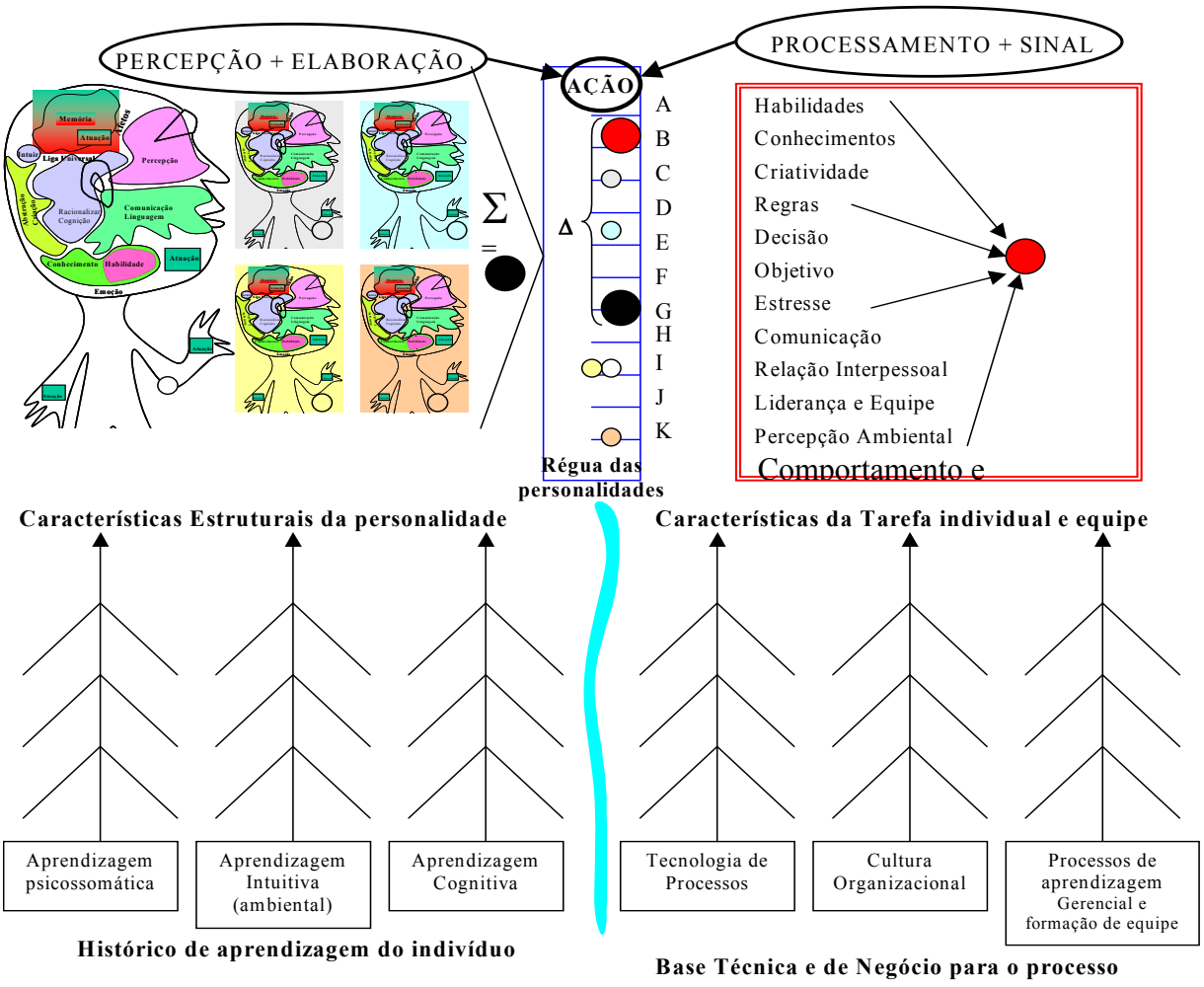


Figura 3.15 - Régua da Personalidade.
Fonte: Autoria própria.

3.4 CLASSIFICAÇÃO DO ERRO HUMANO NA TAREFA

Ávila (2008a) discute os tipos de erros humanos baseado nas personalidades dos trabalhadores com traços diferenciados de comportamentos. Afirma que ao conhecer os tipos de comportamento humano, o tipo de comportamento da tecnologia durante a rotina da operação e a influência dos ambientes sobre o trabalho do grupo se consegue identificar a causa-raiz de falhas latentes. Também é importante que, para a tomada de ação quanto a programas de competência e ajustes ambientais, se classifiquem os erros humanos mesmo sabendo que a ação realizada, necessariamente, não atua sobre a causa-raiz e sim sobre as causas secundárias.

Vários autores discutiram erros humanos tentando facilitar a tomada de decisão gerencial e racionalizando os recursos nas ações preventivas e corretivas. Baseado no PSF tão citado pelo API770 (LORENZO, 2001) e por Hollnagel (1993), se busca delimitar as ações baseado na história do erro. Neste caso, existem possibilidades de falha na rotina, mas não se trabalha tentando analisar a origem e como estes eventos estão inter-relacionados nestas classes de erros. O como resolver para não repetir não é discutido nos PSFs. Lees (1996) também apresenta na indústria química fatores que influenciam no desempenho humano indicando as regiões de possível atuação em caso de erro. Reason (2003) se aprofundou na discussão sobre os erros humanos pelo lado cognitivo, onde afirma que os erros são baseados na habilidade, no conhecimento e na regra. A habilidade faz parte de uma discussão comportamental e inclui aspectos como omissão ou comissão no trabalho; erros em não realizar conforme a regra está em nível contextual tendo haver com a linguagem, associação de palavras e memória; no nível conceitual, o conhecimento, onde estão relacionados os mecanismos cognitivos e as possibilidades de erros.

Hollnagel (1993) também apresenta uma classificação para erros de subespecificação na tarefa ligada ao comportamento humano: identificação da palavra, rechamada de uma lista de verbos, generalização de categoria, deslizes de linguagem, deslizes de ação, falhas na memória prospectiva e outros. Stenberg (2008) já deu uma explicação psicológica para o erro humano apresentando os seguintes tipos: erros de captura, omissão, repetição, ações corretas sobre objeto errado, dados incorretos a partir do sensorial, ativação associativa e perda de ativação para finalizar a tarefa.

Baseado nos vários modelos de classificação do erro humano se chegou a erros derivados num total de 52 tipos dependendo de aspectos de conhecimento, habilidade, tecnologia, personalidade, tomada de decisão, ferramentas e regras. Na Figura 3.16 está representada a classificação do erro humano que busca sistematizar a classificação dos erros derivados humanos.

Num primeiro momento é importante que haja a percepção para reconhecer sinais (1) de anormalidade que nem sempre significa estados de processo ou estados de comportamento fora do padrão. Os sinais de anormalidade são indícios da existência de falha latente que pode virar falha ativa. Sabe-se que a falha na operação de fábrica pode ser originada por questões de controle, por questões de materiais, mas, principalmente por questões de erros humanos. No momento em que se detectam os desvios da tarefa em relação ao estado meta pretendido, é bom verificar em que (2) função objetivo se encontra enquadrado. Na realidade, não significa que o problema esteja formatado quando se notar os sinais, mas é possível extrapolar comportamentos ao saber quem, qual a pressão e qual tipo de tarefas envolvidas.

A urgência para resolução do problema e o impacto se os riscos forem realizados irão definir qual o esforço a ser empenhado: (a) evento não crítico e com baixo potencial de acontecimento indicando arquivamento de investigação; (b) evento não crítico e com alto potencial indicando envolvimento de somente um investigador (3) para identificar a causa raiz; e finalmente, (c) quando ocorrem perdas atuais e futuras, ou seja, eventos críticos, onde é necessário investigar utilizando uma (4) força tarefa multidisciplinar.

A investigação sobre os sinais (5) requer o mapeamento das anormalidades e o seu tratamento para direcionar ou diferenciar o que é hipoteticamente causa ou consequência. Nesta mesma investigação dos Sinais, parte-se para a localização das áreas (6) onde ocorrem os sintomas e as consequências, ou ainda localizar as áreas que provocam estes eventos, ou seja, onde se localiza a causa raiz.

Na operação, o nível de estresse altera a percepção, o funcionamento da memória e o processamento cognitivo, o que torna importante verificar este estado. O estresse no ambiente de trabalho pode ser provocado por (7): situações emergenciais com risco de incêndio, explosão e contaminação; mudanças organizacionais na área de capital, mudança de acionista e momentos distintos no calendário na empresa.

O processo de falha eventualmente pode estar ocorrendo na dimensão organizacional (8), ou seja, para a decisão estratégica, ou ainda, para a falha tática onde as diretrizes do gerente são falhas. Além disso, pode ser somente uma questão ligada ao aspecto operacional. Como parte dos problemas de oscilação do comportamento do operador está relacionada a questões organizacionais, possivelmente uma falha pode ter as dimensões organizacionais (pressão ou clima) e de execução, erro humano na execução da tarefa. As atitudes do gerente também influenciam, no contexto de decisão tática associada a aspectos de execução da tarefa.

Após os aspectos iniciais a serem considerados sobre o erro humano de comportamento ou o erro humano junto a ambientes técnicos (falha operacional) inicia-se o empenho de classificar (9) o erro por classe; assim, dividem-se em: cognição, projeto, comportamento, tarefa e ambientes. Na classe de cognição (10) do erro humano pretende-se verificar aspectos relacionados a conhecimentos, habilidades e regras. Vale a pena acrescentar aqui outro item que se mescla aos erros humanos na classe do comportamento, dependendo da memória e da atenção: trata-se do processamento cognitivo.

Na classe de projeto (11), levam-se em conta aspectos a serem analisados nos erros humanos, como premissas da operação para a especificação de projeto, detalhes da interface homem-máquina e aspectos quanto aos sistemas de segurança, inclusive redundâncias.

Na classe de comportamento (12), dependendo do tipo humano, os erros humanos podem ser classificados com base na memória, na atenção e no comportamento em geral, devido ao desequilíbrio emocional. O comportamento está interligado com aspectos de cognição e sofre a ação de aspectos ambientais. Na classe da tarefa (13), onde estão inseridos aspectos como a formação de grupo para realizar a tarefa com os respectivos papéis e tipos de comunicação. Alguns aspectos podem ser influenciados pela cultura globalizada, como o nível de cooperação ou ainda os traços de trabalho isolados, prejudicando o trabalho grupal. Também nesta classe está a definição de requisitos para a tarefa, quais as ferramentas utilizadas e as possibilidades destas estarem envolvidas na falha operacional e ainda, verificar a consistência dos dados que permitam a passagem de uma etapa da tarefa para a próxima.

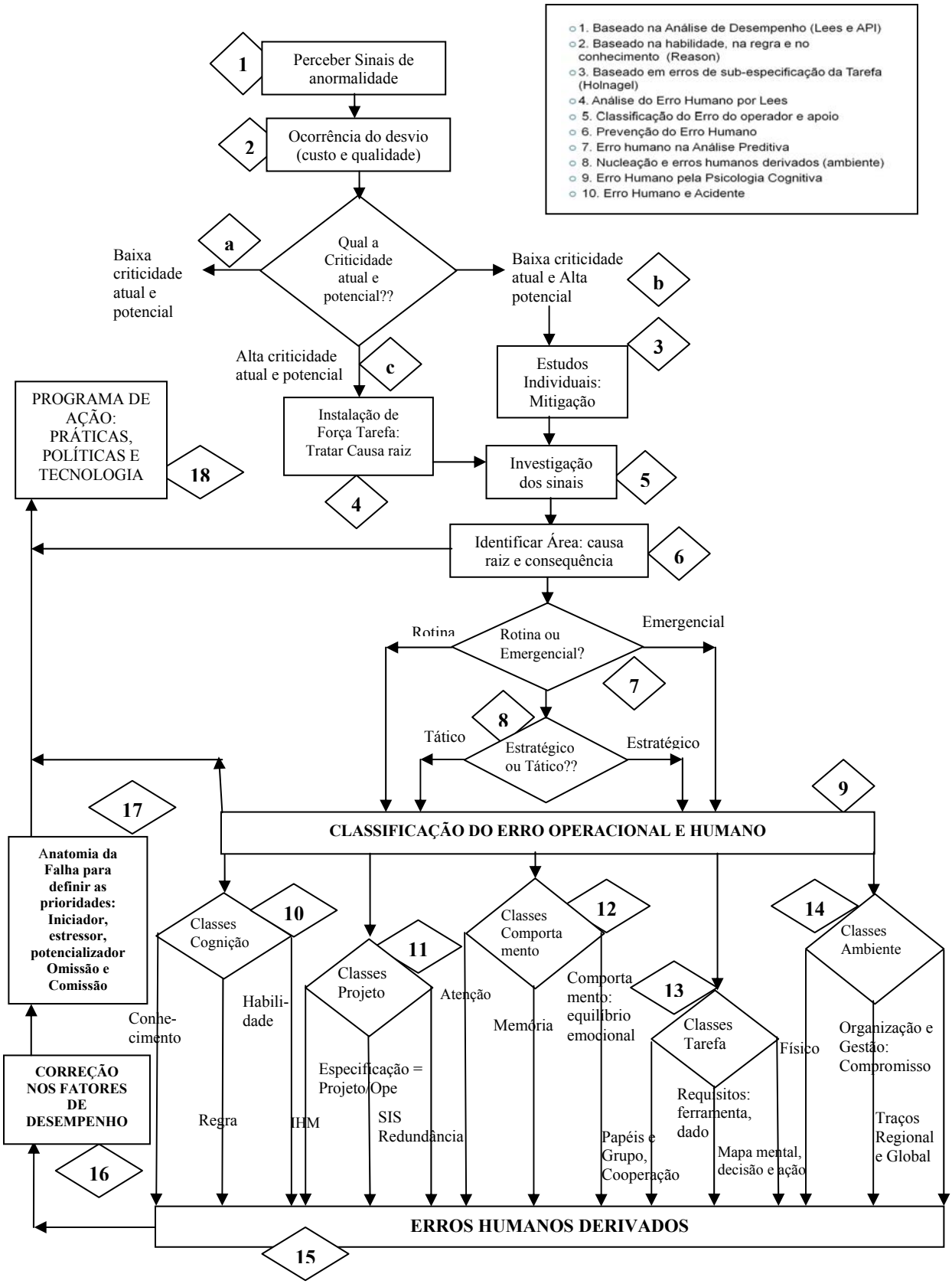


Figura 3.16 - Classificação do Erro Humano.
Fonte: Autoria própria.

Em termos de ambientes (14), como já colocado por alguns autores, podem ser considerados os principais eventos iniciadores da falha. O ambiente organizacional é o principal e já foi citado em alguns momentos; para o perfil gerencial é considerado o tipo de ambiente que influencia na frequência da falha. O ambiente físico altera a intensidade da falha, através de chuva, umidade e outros elementos da natureza. O ambiente herdado pela cultura regional ou global também pode ser motivador para a falha.

No momento em que se identifica a falha e se verifica que pode ser classificada em vários tipos concorrentes para estudar a sua anatomia da falha nota-se a necessidade de classificá-la como derivada (15) das origens anteriores. Assim, as classes em separado são unidas em forma de erro derivado ou composto sendo possível realizar o seu acompanhamento.

Na classificação da falha, o conhecimento sobre as políticas, as pessoas e as tecnologias permite realizar testes e modificações nos ambientes para corrigir (16) fatores de desempenho, iniciando assim a preparação de um programa (18) para evitar perdas através da estabilidade de processos, de alterações nas tarefas e da confiabilidade humana. A anatomia da falha (17) passa a ser validada após os testes e a confirmação da causalidade sugerida para cada evento. Desta anatomia, podem-se sugerir medidas mitigadoras ou eliminadoras da falha.

3.5 PROCEDIMENTOS DE HEURÍSTICA, ALGORITMO E USO DO PCA.

A construção de heurística acompanhada de algoritmo e uso de ferramentas estatísticas dinamicamente permite analisar as flutuações ambientais e do comportamento humano evitando cometer os mesmos erros já citados no cálculo de probabilidade de falha humana. Isto é possível ao revisar as regras de comportamento conforme mudança nos estressores ambientais ou a partir de revisão nos tipos técnicos, humanos e sociais.

A aplicação dos conceitos para a análise da falha dinâmica tem como objetivo prático predizer a falha e facilitar a programação da produção. Os levantamentos do tipo social e humano possibilitam a escrita das regras, assim como a análise da rotina baseada no livro de turno indica a causalidade dos problemas e a relação com variáveis discretas e contínuas possibilitando, construir a análise de componentes principais.

Os procedimentos são generalizados para investigação em quatro etapas e descritos na Figura 3.17: heurística, baseada na cultura técnica; algoritmo, apresentando as etapas para alcançar a predição da falha ou os ambientes com menor probabilidade de ocorrer a falha operacional e o erro humano; aplicação de análise de componentes principais para incluir aspectos discretos e contínuos do processo e corrigir conforme a inserção no ambiente social e a influência dos tipos humanos; cálculo da força da falha de acordo com o acontecimento dos eventos, inclusive de fatores ambientais.

3.5.1. Heurística, com o discurso do operador e elementos da Cultura técnica.	**3.5.2.** Algoritmo, apresentando as etapas de processamento e nexo causal até a predição da falha.	**3.5.3.** Aplicação de PCA e Heurística, seguindo as etapas do algoritmo para predizer a falha e programar a produção.	**3.5.4.** Calcular a força da falha conforme os eventos e a partir de anatomia para a falha, incluindo fatores ambientais.

Figura 3.17 - Etapas para a predição da falha e programação de produção.
Fonte: Autoria própria.

3.5.1 Heurística

Para a indústria, o que se pretende buscar são resultados a partir de uma série de regras que levarão a uma forma de operar mais confortável em direção a ambientes de menor risco e com maior produtividade. A heurística indicada na Tabela 3.1 é aplicável a qualquer meio produtivo industrial e é dividida em atividades de investigação do tipo de comportamentos grupais na tomada de decisão, dependendo do ambiente, das pessoas e da tecnologia.

A partir do (I) Mapeamento das anormalidades identifica-se o tipo de tecnologia, o funcionamento esperado da tarefa e a forma de discursar do operador. A partir destes dados, constrói-se o nexo causal, que é validado com a estatística de processos, de eventos anormais e das operações de logística. Nesta metodologia, são identificados os sinais de anormalidades que indicam mudança de padrão da normalidade para a anormalidade, tanto na situação de rotina quanto na situação de ambiente com alto estresse, excesso de carga, campanha salarial ou ainda emergência.

Este levantamento de dados a partir da rotina da operação irá permitir: (1) Identificar as variáveis independentes do tipo técnico, tanto discretas como contínuas; (2) Identificar os comportamentos da equipe, as formas de se criar um mapa mental, de processar informações, de decidir e de agir a partir do tipo humano e social; (3) Identificar parâmetros técnicos e sociais que influenciam de forma direta com a energia e força da falha; (4) Levantar o inventário de conhecimentos e de habilidades pelo método de análise de competências (Régua da Personalidade) e pela Identificação da Cultura Técnica.

No Nível de Competências (II), a partir da análise de competências que inclui o (A) inventário de conhecimentos, divide-se a equipe em quatro perfis, dependendo do inventário em horas relativas de conhecimento, habilidade e de relações interpessoais.

No tipo de comportamento técnico, ou tipo técnico (III), existem procedimentos importantes que viabilizam a automação na predição da falha na tarefa. Assim, na (B) Análise da tarefa são aplicadas técnicas para verificar pontos críticos (“ganchos”) que podem se transformar em falha na anatomia do acidente. As técnicas aplicadas são: análise das etapas, da arquitetura, da dominância, da complexidade, lógica, cronologia, fenomenologia, materialização, conectividade e barreiras para o acidente. O tratamento estatístico indicado em (C) sobre variáveis de processo e eventos anormais (EVA, AEP) validam o mapeamento de eventos anormais (MEA, REA) e convergem na escolha de grupos de variáveis com comportamento semelhante quanto à variabilidade, possibilitando assim, envolver processo contínuo, intermitente, equipamentos e processos.

Tabela 3.1 - Heurística genérica com Confiabilidade Humana.

HEURÍSTICA = CONFIABILIDADE HUMANA	(III) No Tipo Técnico
(I) Mapeamento de Anormalidades = Tecnologia, Análise da Tarefa e Discurso do Operador	**(B) Análise Dinâmica da tarefa e da falha operacional: Sistema complexo:** Arquitetura, dominância, complexidade, Lógica, cronologia, sequencia, conectividade e materialização do corpo da falha operacional e outros.
Nexo Causal com Validação da Estatística de processos, eventos e operações de logística. Identificação de Sinais de Anormalidades e investigação de cenários de risco	**(C) Análise de Componentes Principais** Grupo 1 = Sistema crítico 1, contínuo e intermitente Grupo 2 = Sistema crítico 2, contínuo e procedimento Grupo 3 = Sistema crítico 3. Equipamentos e processos
(1) Identificação das variáveis independentes = Tipologia Técnica; (2) Identificação de comportamentos da equipe, forma de criar mapa mental, processar informações, decidir e agir = Tipo Humano e Social; (3) Identificar Parâmetros técnicos e sociais que influenciam de forma direta com a energia e força da falha; (4) Levantamento de inventário de conhecimentos e habilidades.	(IV) No Tipo Humano
(II) No nível de Competência	**(D) Tipos de comportamentos** Perfil 1 = Competência aplicada, Perfil 2 = Dispersão e deslize, e Perfil 3 = Desregrado.
(A) Inventário de Conhecimentos Perfil 1 = Bom conhecimento, boa habilidade e boa relação interpessoal; Perfil 2 = Pouco conhecimento, boa habilidade e boa relação interpessoal; Perfil 3 = Qualquer nível de conhecimento, habilidade e pouca relação interpessoal; Perfil 4 = Bom conhecimento, pouca habilidade e boa relação interpessoal.	**(E) Processamento Cognitivo** Perfil 4 = boa visibilidade permitindo a construção do nexo causal; Perfil 5 = baixa visibilidade e falha no planejamento. HEURÍSTICA *Se Perfil 4- eficácia satisfatória nos mapas mentais* *Se Perfil 5 - eficácia não satisfatória e incremento de F*
(V) Na Análise do Ambiente	**(F) Processo de Decisão e Ação** Perfil 6 = Visão ampla das alternativas, consequências Perfil 7 = Visão restrita das alternativas, por possuir baixo resgate da memória de longo prazo. HEURÍSTICA *Se Perfil 6 - Promove agilidade/assertividade na decisão.* *Se Perfil 7 - Decisões vacilantes e incorretas, possibilidade alta de promover ou incrementar a falha operacional.*
Época do ano quanto à campanha salarial; carga laboral resultante de dobra ou de posicionamento econômico. Ambiente1= Período do ano: estressante e calmo; Ambiente2= Carga laboral por dobra.	Ambiente 3= Carga laboral por intensidade das operações, ocupação baixa, ocupação média, ocupação alta.

Fonte: Autoria própria.

Entre os tipos humanos de comportamento (IV) se classificam: o tipo de comportamento identificado nas enquetes; a resultante da análise da cultura técnica; as informações de compromisso baseadas nos dados históricos da empresa; dinâmicas com estresse para cenários de risco; e observação de vivência na empresa em horário de turno. Assim, o primeiro tipo de comportamento se dá quanto à aplicação de competências (D), que pode também ser

considerado alto nível de compromisso; o segundo perfil deve-se às pessoas dispersas e que provocam erros de deslize, o terceiro, é classificado em comportamentos desregrados, tendo necessidade contínua de estabelecer foco e não se mantém muito tempo em uma atividade só. O processamento cognitivo (E) divide o comportamento quanto à visibilidade sobre o processo produtivo e a clareza no planejamento.

O processo de decisão (F) depende dos perfis de liderança e de características pessoais relacionadas à base de conhecimento (alternativas), nível de abstração (saber projetar ação futura), análise de consequência e ativação da memória de longo prazo. Neste momento surgem as induções ou os construtos nos tipos humanos, onde se analisa a eficácia na tarefa a partir de seu planejamento e clareza. Estas características definem os perfis 6 e 7, que promovem agilidade ou oscilações do comportamento na tomada de decisão.

Na análise de ambientes (V), verificam-se fatores como a carga laboral, o estresse por carga, o posicionamento econômico da empresa ou as épocas específicas (campanha salarial, por exemplo).

3.5.2 Algoritmo

O algoritmo é dividido em cinco blocos de atividades e de decisões conforme indicado na Figura 3.18: o bloco I, relacionado ao momento de requisição pela sociedade e economia para a produção ou serviço; o bloco II, relacionado à construção de mapa para auxílio na tomada de decisão; o bloco III, que calcula a predição da taxa de falha, ou a força da falha indicando qual a tendência de sucesso ao mudar o *setup* das operações, máquinas e processos; o bloco IV, onde a partir dos mapas construídos são tomadas decisões ou para novas simulações, prevendo novas situações, ou para a realização da tarefa; após a conclusão da tarefa, alguns dados são guardados na memória na qual consta o bloco V de processamento na ocorrência da falha, aprende-se e corrige-se o nexo causal pré-existente; na ocorrência do sucesso, marca-se o ambiente adequado de trabalho e a melhor maneira de operar.

Considera-se que o bloco II trata informações que constroem o mapa mental, sendo atividade ao processamento, mas que precisa ser atualizada com informações chaves para o sucesso

deste algoritmo. A atividade do bloco III envolve o processamento das informações para simulação de alternativas, ou seja, a matemática para a tomada de decisão sobre o discurso do operador analisado no bloco II. A atividade nos blocos I, IV e V são realizadas no tempo da tarefa, ou seja, durante a sua execução.

BLOCO I. A análise da demanda da sociedade e da economia que dispara a tarefa é um momento importante devido aos tempos envolvidos para planejar e executar a tarefa. Se realizada tardiamente haverá implicação quanto à carga de atividades e quanto aos elementos escolhidos para a programação de produção.

BLOCO II. Para a construção do processamento neste algoritmo, o primeiro passo é a construção dos tipos técnico, humano e social de comportamento no trabalho, ou seja, preparar o bloco II do algoritmo. O mapa mental (com as heurísticas) depende de investigação baseada no (1) mapeamento das anormalidades e dos ambientes influenciadores sobre as atividades de rotina neste trabalho de logística. É importante construir o modelo identificando a tendência de sinais que dirigem os sistemas sócio técnicos para ambientes críticos (grandes eventos como acidentes) em relação à falha. Para formar a base de conhecimento que permitirá continuar com a investigação complementa-se com (2) aspectos da tecnologia, e dos processos, possibilitando a definição do mapa de eventos anormais com as respectivas cadeias de anormalidades ou nexos causais da falha.

A análise ambiental (3) indica quais são os fatores de influência que provocam mudanças no comportamento do operador e da equipe e devem formar regras de atuação para corrigir o desempenho técnico do operador e, consequentemente, do processo. Para completar a necessidade de preparar as heurísticas ou mapa para a tomada de decisão é preciso (4) analisar a tarefa, sua complexidade e a carga de atividade envolvida, tanto cognitiva como física. O (5) inventário de conhecimentos, com a análise de competência, vai possibilitar mapear as deficiências do turno e as necessidades de conhecimento para a realização da tarefa. Este conhecimento adicional permite analisar deficiências da equipe para tornar efetiva a programação de produção.

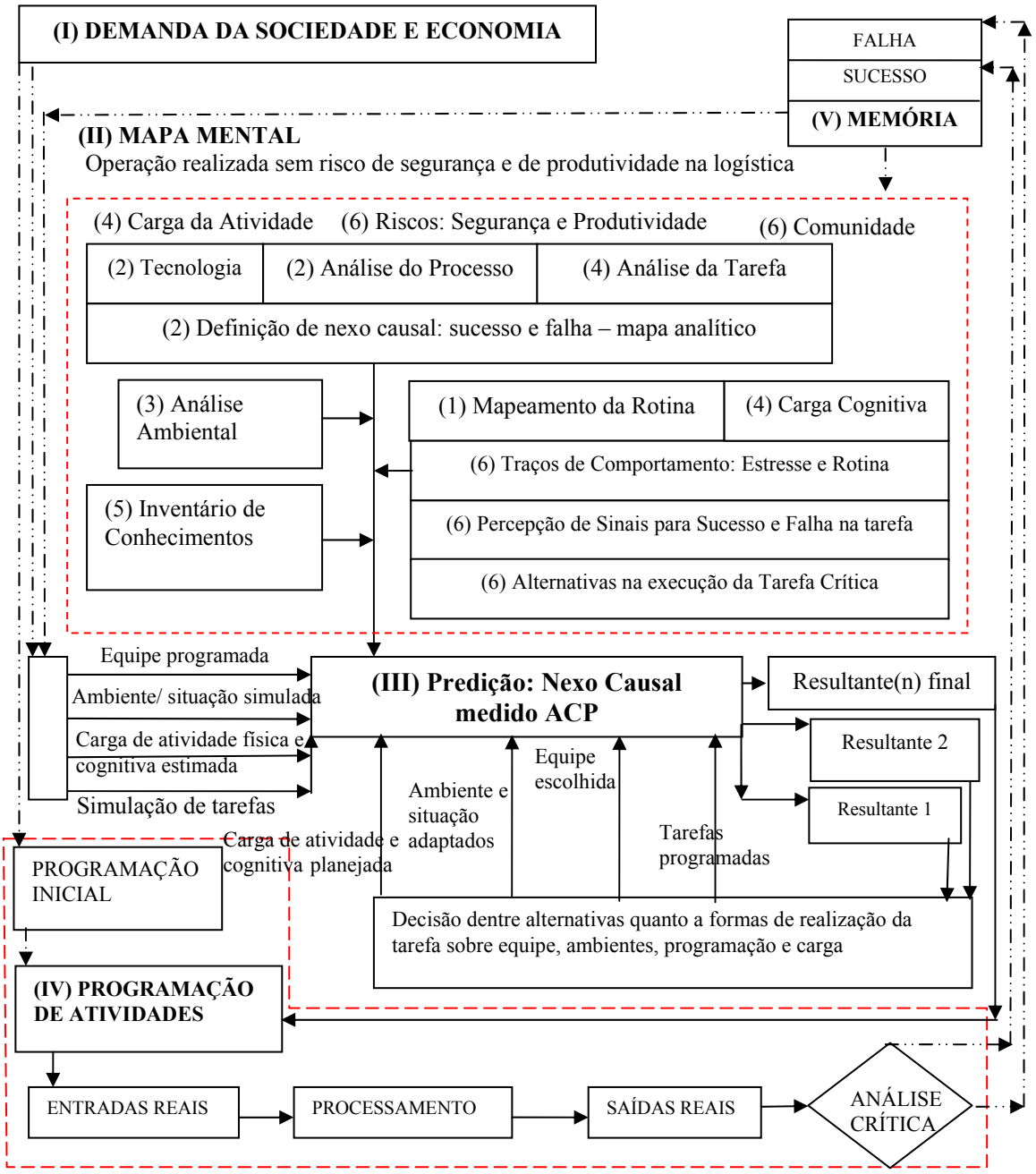


Figura 3.18 - Algoritmo Genérico com Etapas na predição de falha operacional.
Fonte: Autoria própria.

Para definir as heurísticas de trabalho é importante estudar os (6) riscos envolvidos e a proximidade da comunidade, que são aspectos tecnológicos e sociais, respectivamente. Em termos de ação humana é importante avalizar quais os (6) traços de comportamento nos momentos de estresse e de rotina e qual o nível de percepção dos sinais de normalidade ou anormalidade para a tarefa. Na programação da produção é importante verificar quais os pontos de decisão das tarefas críticas, as possíveis alternativas para cada situação e os

respectivos impactos ou consequências, completando assim a base de conhecimento para formar o mapa de decisão.

BLOCO III. A partir das características levantadas para constituir o mapa mental, simulando a decisão no ambiente laboral, constroem-se as heurísticas, que são a base para a predição de comportamentos dos sistemas sócio-técnicos da empresa na qual se aplica esta metodologia. A tomada de decisão sobre a programação de atividades é resultante da alternativa dos elementos envolvidos quanto à carga, ao ambiente, à equipe e à programação da tarefa. Para cada nova situação de cada elemento possível testam-se as heurísticas construídas no Bloco I do mapa mental e obtêm-se os resultados para a análise na programação de produção. Os resultados são medidos em termos de eficiência organizacional resultante: produtividade, volume processado, qualidade, acidentes e impacto ambiental, lucro ou custo, qualidade de vida, satisfação da comunidade e dos empregados, e muitos outros que concorrem entre si, dependendo da força das partes interessadas nesta atividade econômica.

BLOCO IV. A programação inicial, com seu resultado simulado de eficiência organizacional, permite ajustes na nova programação de produção visando aplicar novamente a resultante técnica com as respectivas correções obtidas pelas heurísticas; com isso, é possível comparar as alternativas em relação à eficiência organizacional, desde a primeira até a enésima, permitindo a tomada de decisão na melhor opção (mais próxima do máximo de eficiência organizacional), assim como as entradas reais para a realização da tarefa.

BLOCO V. A partir dos novos resultados obtidos com as simulações, as atividades são então programadas, realizadas com grande possibilidade de sucesso e comparadas com a previsão. Na execução das atividades reais, os resultados são memorizados para uso futuro, quando a sociedade e o mercado solicitarem nova carga de atividades. Desta forma, evitam-se os vieses na decisão e simula-se situação de risco na rotina, que pode se transformar em emergência para a comunidade vizinha.

3.5.3 Aplicação de análise de componentes principais e heurística

O comportamento técnico é resultante de variáveis discretas ou contínuas que indicam, em nexo causal, fatores que favorecem a realização da falha operacional. A escolha do tipo de problema a ser analisado depende dos objetivos em relação à eficiência organizacional. Assim, se o objetivo da empresa é o lucro, muito provavelmente o mapa de eventos anormais proposto para análise se diferencia do caso em que o objetivo da empresa seja evitar acidentes e impactos ambientais. Assim, a construção do mapa com base nos aspectos técnicos permite, juntamente com as informações tecnológicas levantadas (estatística de processo, de eventos, tarefa e tecnologia), escolher as variáveis discretas e contínuas que formaram os agrupamentos do PCA. Segundo o Minitab PCA é uma técnica de redução de dados usada para identificar uma pequena série de variáveis que contabilizam grandes proporções de variâncias totais nas variáveis originais.

O comportamento humano é baseado na tipologia sócio-humana e varia de acordo com traços da personalidade quanto à aplicação da competência, relacionada ao deslize na tarefa, relacionado à forma com que o indivíduo ou o grupo processa as informações e forma nexo causal para resolução de problemas, e quanto à forma com que o indivíduo ou o grupo decide em relação às alternativas para ação. Estes comportamentos humanos, além de variáveis ambientais e sociais, fazem parte das heurísticas de decisão para alterar os valores resultantes da plotagem das variáveis resultantes do PCA.

Nesta pesquisa em confiabilidade humana adota-se no algoritmo conceitual a ferramenta estatística de análise de componentes principais (PCA), como indicado na Figura 3.19. No modelo pretende-se estimar a predição de comportamentos resultantes das variáveis sobre o ambiente organizacional. Este cálculo resulta em regiões com as respectivas eficiências organizacionais, onde se busca atingir a meta de máxima eficiência, a diferença de comportamentos entre a medição e o histórico indica o afastamento ou aproximação à falha.

Após a identificação dos tipos de comportamento técnico, humano e social em ambiente laboral é possível sugerir ações individuais e grupais, aproximando a resposta humana para a melhor execução da tarefa. No comportamento do operador e do processo são escolhidos parâmetros que vão integrar os grupos de variáveis para a análise de componentes principais.

Este cálculo ou estimativa resultante indica tendência ao controle ou descontrole, dependendo da direção das variáveis artificiais em relação à meta ou padrão de ótima eficiência organizacional. Independente dos resultados, aproximação ou afastamento em relação à eficiência organizacional, ocorre transferência de registros para a memória da organização (que retornam influenciando no comportamento do processo). A memória passada influencia na resultante de controle (PCA) em sistemas de produção.

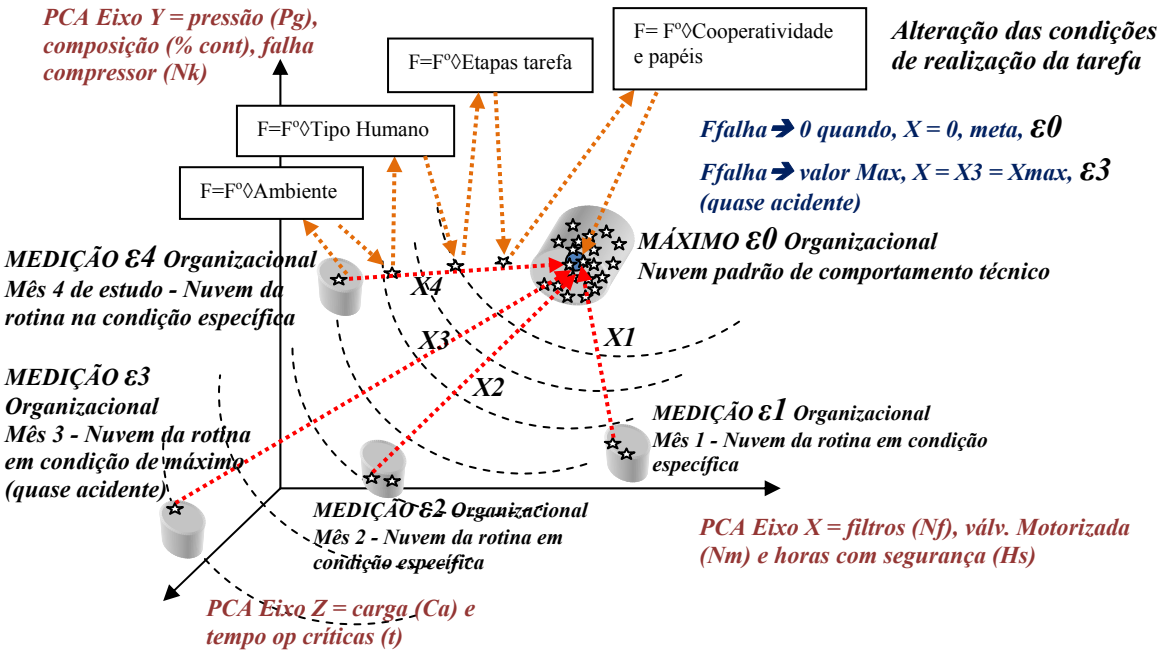


Figura 3.19 - PCA e medição da força da falha na tarefa.
Fonte: Autoria própria.

O rendimento do processo (eficiência organizacional) em relação à falha funciona como curvas de nível concêntricas em relação à nuvem meta (máximo rendimento), afastando-se quando aumenta a força da falha, que é adimensional (exemplo: maior perda de lucro). A alteração do componente principal é feita através de: (1) análise de ambientes, (2) análise da tipologia sócio-humana e (3) análise de competências. Assim, a resultante na análise de componentes principais sofre ajustes que podem direcionar o valor para a meta ou a sua direção oposta.

Simulando uma situação: a partir da escolha de medição dos resultados como redução da frequência de acidentes que podem afetar a comunidade, são escolhidas as cadeias de anormalidade envolvidas com esta possibilidade, e daí são extraídas variáveis discretas e

contínuas que são indicadoras (medições) do descontrole de sistema em direção ao acidente. Estas variáveis técnicas são agrupadas por semelhança na variabilidade e são calculadas variáveis artificiais do PCA. Dois grupos de variáveis escolhidas indicam aproximação ou afastamento aos acidentes, grupo 1 (pressão e temperatura específicos e tempo de realização da tarefa crítica), no grupo 2 (contaminante na matéria-prima e número de vezes de limpeza do filtro no turno), juntando estas variáveis, constrói-se gráfico de dispersão. Nota-se que, alguns aspectos sócio-humanos já estão inscritos nas variáveis escolhidas dos grupos e são apresentados no gráfico das variáveis artificiais do PCA. Conhecendo os resultados de eficiência organizacional para esta variável, no passado se classificam o agrupamento de dados derivados dos dados artificiais do PCA quanto ao ponto de acidente (máximo da falha) ou sem acidente (máximo de eficiência na organização).

Este mapeamento baseado no histórico serve para indicar regiões características de nuvens quentes e frias em relação ao acidente. Com a referência sobre o gráfico faz-se as medições reais. Esta situação real remete a novos pontos resultantes das variáveis artificiais do PCA que, é medido o afastamento em relação ao ponto ótimo e são feitas alterações nos *setups* pré-programados levando a correções através das heurísticas, quanto à equipe, ferramentas, ambientes e tarefas.

Busca-se assim, verificar o nível de risco encontrado e alterar as situações, ou PSFs, buscando riscos mais reduzidos. Esta simulação permite não fazer testes reais em plantas industriais e vai melhorando com a experiência as suas heurísticas, mapas de anormalidades, escolha de variáveis discretas e contínuas e vai permitindo a preparação de programa preventivo para incrementar a confiabilidade humana.

3.5.4 Construção do cilindro da falha no formato quantitativo

Como indicado na Figura 3.6, o cilindro da falha possui altura proporcional ao distanciamento linear entre o centro de massa da nuvem de máxima eficiência organizacional e o centro de massa da nuvem de mínima eficiência organizacional, indicando a proximidade em relação ao acidente. Esta é a altura completa do cilindro a partir das medições, mas que não representa os

pontos reais de máximo e de mínimo requerendo correções quanto a estimativas do ponto de acidente e estimativas do ponto de nascimento da falha, início da zona inercial.

A medição da falha é feita a partir das condições de *setup* reais escolhidas para a tarefa, considerando os ambientes do momento e indicando, através da altura relativa do cilindro, qual a frequência de ocorrência do acidente. É importante que o mapa mental que permite a tomada de decisões (usando como ferramentas as heurísticas e PCA de variáveis discretas e contínuas) deve seja atualizado, pois os processos se alteram com o tempo e as cadeias de anormalidade sofrem modificações. Para sistemas críticos recomenda-se uma medição de variáveis ambientais e humanas críticas, ao menos semestral e, um reestudo das cadeias de anormalidades pelo menos a cada dois anos.

4 ESTUDO DE CASO: APLICAÇÃO NA INDÚSTRIA DE GASES - GLP

O presente estudo de caso foi realizado em uma empresa de logística de gás durante um período superior a um ano, onde a pesquisa sobre o tipo de comportamento da tecnologia (tipo técnico) foi realizada seguindo a mesma metodologia de trabalhos em estabilização de processos na indústria química (ÁVILA FILHO, 2004). A inovação da metodologia está na inclusão das seguintes técnicas: análise da tarefa; análise estatística de aspectos de segurança e de logística; e análise do comportamento social. A inovação também está no desenvolvimento dos procedimentos e aplicação em: análise de competência; heurística para o comportamento social e humano; e análise de componentes principais na predição da falha na programação de produção.

Um das dificuldades grandes da área de Engenharia é migrar do objetivo para o subjetivo do comportamento humano, e continuar tomando ações que atendam às demandas por produção, segurança, qualidade e controle de custos. A subjetividade do tema em discussão provoca "estranheza" na discussão de aspectos humanos, grupais com eficiência de processos e eficácia da tarefa, mas é desafiante, permitindo o desenvolvimento de ferramentas para a tomada de decisão gerencial.

a) Sobre a implantação da metodologia na planta de GLP

Com base nos conceitos, técnicas e procedimentos apresentados nas Figuras 3.2 e 3.3 pretende-se alcançar os resultados indicados na Figura 3.1, onde, o máximo de eficiência organizacional é alcançado com o êxito após a completa realização da tarefa na operação. Para tal são propostos programas gerenciais e ferramentas para aplicação na predição de situações de falha, assim, apresentam-se as etapas para a implantação da metodologia desenvolvida em planta industrial de GLP.

Para efeito de análise, os trabalhos de implantação são divididos em: (A) identificação da tipologia e análise, (B) análise do impacto de cada tipo de comportamento identificado (humano, social e técnico) sobre a possibilidade de falha e (C) aplicação das técnicas matemáticas e análise da heurística para viabilizar a utilização do algoritmo do cálculo da força da falha, esta divisão está apresentada na Figura 4.1.

(A) Identificação da tipologia e análise. As impressões quanto ás regras de comportamento social e humano são auxiliadas pelas etapas (4.1), (4.8), (3.4) e (4.9) com a forma de implantação discutida a seguir. Os aspectos ligados aos sinais da falha e identificação da cadeia de anormalidades estão descritos nas etapas (4.4), (4.6.1.2) e (4.8). As estatísticas para validação das hipóteses são implantadas na etapa (4.5) e são criados procedimentos e relatórios de diagnóstico nas etapas. (B) Análise do impacto de cada tipo de comportamento identificado (humano, social e técnico) sobre a possibilidade de falha. Este bloco de atividades se resume em sistematizar conclusões à cerca das análises realizadas e que podem servir de entrada de dados para o PCA, ou seja, Análise de componentes principais. (C) Aplicação das técnicas matemáticas e análise da heurística para viabilizar a utilização do algoritmo. Para finalizar são descritas as etapas para o desenvolvimento e o teste do algoritmo utilizando as ferramentas matemáticas e estatísticas disponíveis.

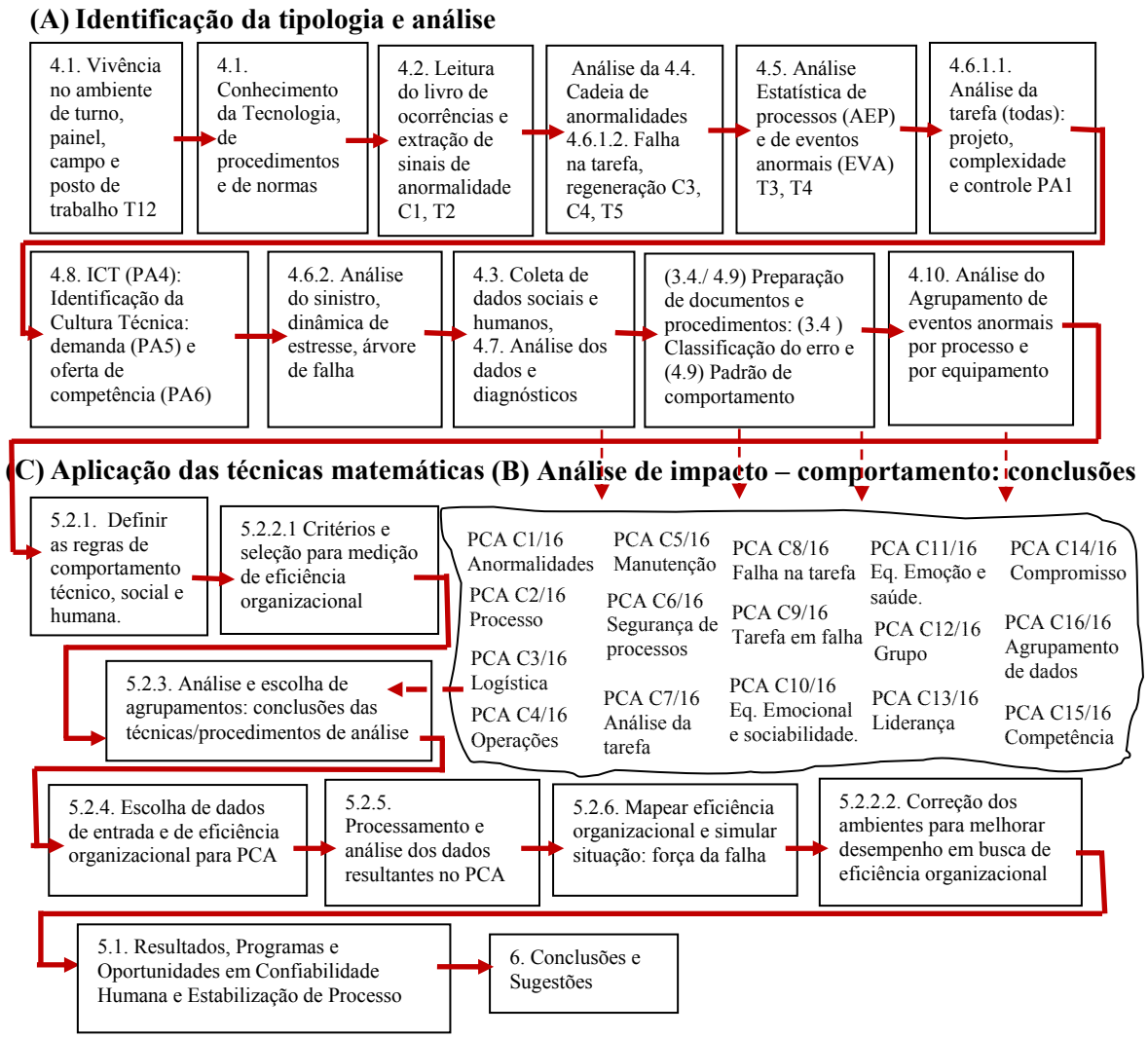


Figura 4.1 - Etapas de implantação do programa em unidade de processamento de GLP.
Fonte: Autoria própria.

4.1 CONHECIMENTO DA TECNOLOGIA E VIVÊNCIA NO PROCESSO COM GLP

O conhecimento da tecnologia de processo e de produto é parte fundamental para a implantação da metodologia na indústria durante a fase de identificação do tipo de comportamento da tecnologia, como apresentado na Figura 3.2 e 4.1. Em seguida, a vivência no local de trabalho (T12 na Figura 3.3 e item 1 na Figura 4.1) em horários alternativos ao administrativo possibilita a investigação sobre regras de comportamento da equipe e da produção no ambiente laboral.

4.1.1 Descrição da Empresa

Este método está sendo aplicado na análise de atividades de logística e segurança no transporte e armazenamento de gases liquefeitos do petróleo (GLP), composto por mistura de propano e butano. Esta análise pretende auxiliar na construção de um ambiente mais favorável ao não acontecimento de acidentes, diminuindo assim a possibilidade de cenários de risco. Esta atividade de logística e armazenamento está localizada em uma área urbana de uma cidade do Estado do Nordeste (Brasil), próximo a imóveis residenciais e outras instalações industriais. Embora os riscos de sinistros que envolvam a comunidade sejam raros, este evento é possível e requer análises preventivas, inclusive nos aspectos quanto à identificação da falha latente, como indicado nas cadeias de anormalidades.

As atividades envolvidas com processamento e logística em GLP são simples e envolvem os seguintes aspectos técnicos: transferência de gás liquefeito, filtração, secagem, ciclo térmico com propano, refrigeração, controle de pressão, regeneração, forno, formação de hidratos, corrosão, GLP corrosivo, etano contaminante, qualidade do GLP em butano, válvula motorizada, detector de vazamentos, válvulas de segurança (PSV), tocha, esfera, tanque refrigerado. As principais atividades realizadas são transferência, armazenamento, secagem e refrigeração do GLP. Algumas atividades no processo envolvem aspectos de segurança, tais como: purga com nitrogênio, controle das utilidades, controle do sistema de incêndio, controle da tocha e controle de insumos para queima.

A purificação do GLP é alcançada com a remoção de água (secagem), através de colunas de recheio; com a remoção de sólidos (filtração), e com a eventual retirada do etano (contaminante) na compressão do ciclo térmico para a refrigeração. A remoção da umidade (regeneração) nas torres de peneira molecular saturada é feita através da desorção com GLP aquecido.

A refrigeração do GLP é realizada através de trocadores que utilizam propano como utilidade, o qual opera em ciclo térmico de expansão e compressão. Por questões de segurança, é importante manter o controle no tanque de refrigerado, com a manutenção da vaporização por meio da compressão e o retorno dos vapores condensados.

Os fatores identificados como críticos nas operações de logística da empresa são resultantes da investigação de anormalidades, na leitura sobre as tecnologias utilizadas e na visita a área e ao painel em horários diversos. Para melhor apresentação, os fatores são divididos como: aspectos de processo, de operação, de manutenção, aspectos relacionados à equipe, rede de operações em logística, transporte de fluidos, pressão do GLP e segurança na planta e nas transferências.

No Processo, o sistema de refrigeração e compressão, com respectivos alinhamentos e malhas de controle, além de características específicas dos ciclos de secagem, o nível de automação indicando o grande percentual de operações usando válvulas motorizadas e a presença de etano implicando em restrições na carga para a secagem e refrigeração do GLP. Nas Operações, alinhamentos para sistemas de refrigeração e de compressão, o uso de by-pass na área com flexibilidade operacional de linhas alternativas para realizar as tarefas. Na Equipe, fatores que influenciam na tarefa realizada, no ambiente e na tecnologia de Indústria Pública (nomeada como Fornecedor ou Processador de Refino) e das coligadas em processamento de gás. Na Segurança, uma parte das operações é de alta pressão e outra parte em baixa temperatura. A pressão alta aumenta a possibilidade de vazamento de gases, e a baixa temperatura na presença de água pode provocar a formação de hidratos. O manuseio de grandes quantidades de gases inflamáveis, trazendo riscos altos de emissões e grandes vazamentos. Ainda existe um fator que potencializa o problema, a inserção da indústria na comunidade, sendo praticamente uma indústria cidade, com a população vizinha às esferas de GLP.

Na Logística, existem programação de operações remotas ou operações locais que consideram aspectos como inventário, transporte de fluido pressurizado, tempo e planejamento destas operações. Notam-se, na Manutenção, falhas nas válvulas motorizadas e pequena quantidade de malhas automáticas de loop fechado. Existe atraso na realização das manutenções e a presença de sólidos no circuito de gás liquefeito (por corrosão ou baixa qualidade no GLP), que provocam sujeira nos equipamentos de processo, impactando sobre as bombas e as esferas.

A presença da comunidade vizinha às instalações industriais traz possibilidades de visitantes inoportunos ou de eventos externos que podem simbolizar aceitação ou resistência em relação à empresa. As relações entre os aspectos acima listados são:

Relações que envolvem a produção: (a) A automação dos processos e os procedimentos operacionais, afetando a necessidade de procedimentos adicionais na manutenção e na segurança, e (b) as questões relacionadas a alinhamentos e ao funcionamento de compressores e bombas, afetando a manutenção e necessidades específicas na área de segurança;

Relações que envolvem a equipe: (a) o histórico do operador na empresa de gás pode indicar maior ou menor compromisso com a realização da tarefa. A origem do operador pode ser oriunda da Empresa Pública Industrial (provedor da unidade de refino fornecedora de GLP) ou diretamente através de concurso; (b) este compromisso afeta a logística em termos de tempo para processamento de volumes de GLP; (c) a baixa rotatividade provoca estado de letargia, isto devido à estabilidade de emprego, trazendo vícios no ambiente de trabalho.

Relações que envolvem o controle de processos: (a) os níveis de automação, de visualização e de eficiência do processo têm conhecimentos específicos que envolvem processos contínuos (secagem e refrigeração de GLP) e processos intermitentes, recebimento e envio de material para o cliente; sendo assim, a automação e a visualização em tela estão diretamente relacionadas, indicando os modos de controle e de sinalização de falhas; (b) Estes modos de controle dependem de informações para promover operações com GLP; neste caso a automação atende à necessidade de segurança e em seguida à necessidade de produtividade (tempos mais reduzidos) no transporte, armazenamento e processamento de GLP.

Relações que envolvem a segurança e a comunidade: Os riscos de haver a pressurização rápida do GLP, tendo como consequência vazamentos que eventualmente não são alarmados pelo operador (que se acostumou com o cheirinho do produto) podem provocar desconfortos ou até reclamações da comunidade.

Na logística de transporte, processamento e armazenamento de gases através da empresa existem aspectos importantes a serem considerados para que os resultados sejam positivos. Assim, busca–se maior produtividade na transferência do produto para o cliente, além de se buscar a realização de operações com mínimo risco para a segurança. A produtividade requer contato com o fornecedor e informação atualizada sobre a utilização de linhas e tanques; a segurança é assegurada com a boa qualidade, continuidade e atenção para que os sistemas se mantenham em operação normal sem a presença de umidade, excesso de etano, e operações com válvulas e sistemas de controle na normalidade.

Alguns aspectos são analisados, como: a qualidade (umidade, corrosão e teor de etano); a continuidade (horas de bombeamento) de fornecimento; a disponibilidade de esfera e pressurização dos sistemas para realizar a secagem/refrigeração; a operação na refrigeração de GLP, incluindo regeneração (forno) e possibilidade de envio para tocha; a recuperação de vapores de GLP em tanque refrigerado a partir da refrigeração dos gases liberados no tanque ou devido à linha de retorno do navio ou com a recirculação direta e compressão do GLP; movimentação de acoplamentos, alinhamentos, retornos nas operações com navio, além de condições de pressão e temperatura.

As principais dificuldades identificadas na produção pelo mapeamento qualitativo e estatístico de eventos anormais são: indisponibilidade de GLP no fornecedor (refino) e de tancagem para recebimento na empresa; disponibilidade de navio para receber GLP estocado nos tanques refrigerados ou disponibilidade de produto para carga de navios; análise das perdas em tochas e por emissões fugitivas para a atmosfera; análise de capacidade de compressão e percentual de etano no GLP; automação na refrigeração, permitindo controle automático de pressão, níveis e vazões; manutenção de equipamentos rotativos antigos (bombas e compressores), além de válvulas motorizadas e sistemas de filtragem de resíduos sólidos oriundos de corrosão nas linhas de gás; análise de nível de satisfação da comunidade em relação à presença da empresa naquela localidade; número de procedimentos relacionados à logística e à segurança, realizados por operador e por turno.

4.1.2 Observações de Vivência na EMPRESA (T12 na Figura 3.3)

A partir de vivência em período de quatro meses no ambiente de trabalho da empresa, realizada em horários de turno, foram notadas as seguintes características e eventos: (a) abertura sem restrições do banco de dados da operação demonstrando o interesse no tema ACH; (b) existência, tanto na supervisão como na coordenação, de compartilhamento de poder com os operadores antigos da operação, alguns estruturados para discutir o assunto, outros não; (c) interesse de parte da equipe sobre entender do que se trata o trabalho de pesquisa, mas, no momento da coleta de dados e processamento não houve entrevistas, os encontros foram: ou nas entradas do Painel de Controle, ou no horário do almoço, ou ainda nas visitas de área; (d) existência de muitos comunicados no mural relativos a informações locais e gerais; (e) apresentação de políticas afixadas em quadros de avisos localizados em corredores e próximos ao local de retirada da PT[31]; (f) existência de "engarrafamentos de PT" no primeiro horário (como em todas as instalações industriais onde foi aplicada a metodologia) e de reclamações referentes a não realização dos serviços de manutenção programados; (g) os pontos focais de relações sociais que não estão envolvidos diretamente com o posto de trabalho se encontram no refeitório da empresa; (h) a relação com a manutenção é superficial, com vínculos de compromisso fracos na rotina, aparentemente devido ao fato de serem terceirizadas; (i) a coordenação busca isolar os riscos e sabe sobre a possibilidade de ocorrer erro humano que possa provocar o acontecimento de acidentes graves. Neste trabalho, a "informalidade" inicial acelerou o acesso às informações e à possibilidade de vivência com o turno.

Os extremos na prática da gestão de produção devem ser evitados, a gerência ou liderança formal como "chefe excessivamente centralizador", não pratica a delegação ou, quando adota a "gestão participativa ao extremo", a autoridade é diminuída ao ponto da igualdade de direitos e deveres. No caso de empresa pública, a estabilidade de emprego pode trazer comportamentos indevidos em ambientes de trabalho prejudicando a tomada de decisão frente à equipe. Sendo assim, quando acontecer a "gestão excessivamente participativa" certamente ocorrerá situações de baixa produtividade.

[31] Permissão de Trabalho.

A relação sindical na Empresa Pública Industrial (fornecedor) também influencia nestas situações indevidas, por não haver possibilidade de demissões por comportamentos indevidos (exceto questões graves). Assim, para motivar mudanças é necessário conquistar certos pontos focais de resistência, e isto pode ser feito através da atratividade do trabalho em confiabilidade humana.

No período de vivência notaram-se resistências quanto à presença do pesquisador e quanto ao trabalho na área de Confiabilidade Humana. Estas resistências foram localizadas em alguns operadores antigos e no *staff*, a partir da verbalização críticas e de dificuldades de acesso às áreas.

Na situação econômica atual, os erros humanos precisam ser tratados para evitar perdas de processo. O preço do barril de petróleo reposiciona o fornecedor e a empresa frente às novas demandas. Após a crise financeira mundial em 2008/9, como consequência a redução real redução do preço de petróleo, os mercados estão respondendo com a diminuição na movimentação de mercadorias da ordem de 15 a 30%.

Assim, passa a ser proibido operar com ociosidade, baixos níveis de produtividade e até anormalidades que possam provocar acidentes e descontinuidade operacional. Sabe-se que ocorrem erros operacionais primários nas instalações do fornecedor (EIPR) que atua em processos de refino de petróleo (exemplo: cavitação). Também é notório que os índices de acidentes não atendem às expectativas adotadas pela área de SMS; estes são indicativos de redução da competitividade numa situação de preço de petróleo restritivo em nível mundial. A própria empresa sofre com a mudança de modalidade de contrato, que não está baseado em tabela de preços internos, mas sim em preços internacionais. Sendo assim, deve haver transformações na cultura organizacional para evitar erros humanos que possam provocar perda de produtividade e acidentes.

4.1.3 Reconhecimento de Rituais Sociais e da Cultura Organizacional (PA13, 15)

A empresa foi originada da estrutura pública, com a diferença de que possui em seu quadro, um *Staff* reduzido, apoiando os processos químicos e o funcionamento de equipamentos.

Sendo assim, poucos engenheiros e especialistas atuam na empresa e sua equipe principal é formada por operadores que necessitam de conhecimento em logística, processos de compressão, de refrigeração e de segurança no transporte e armazenamento de fluidos.

Observada a estabilidade anterior dos preços de petróleo em níveis elevados (anterior a outubro de 2008), existia uma sobra de caixa favorecendo o pagamento de PLR[32] na empresa foco da pesquisa e na própria EIPR. Com a atual situação econômica de diminuição do preço internacional de petróleo e a redução dos preços de seus derivados, passam a ocorrer restrições de caixa e consequente achatamento de resultados, diminuindo a PLR do pessoal. Assim, existe a necessidade de alterar a cultura operacional ou cultura técnica da EPI[33] e suas coligadas, inclusive a empresa foco da pesquisa, onde se deve prevenir a perda de processo ou de produtividade que tem efeito sobre a Confiabilidade Operacional e Humana.

4.2 COLETA DE DADOS TÉCNICOS: ROTINA, TAREFA, PROCESSO E SMS

Esta coleta de dados é feita em pontos diferentes do processo na indústria (T1) e análise dos registros do SMS (PA14). A base para o seu processamento na planta de gases está no livro de turno, nos procedimentos operacionais, nas variáveis de processo e nos registros de incidentes e acidentes do SMS.

Abaixo são apresentados aspectos das técnicas de coleta de dados relacionando ao fluxo de atividades apresentado na Figura 3.2 e 3.3. Os dados coletados no livro de turno (T1) e classificados com funções diferentes são: (a) estatístico e de tempo, (b) divisão de trabalho, (c) descrição da tarefa. Como resultantes do processamento destes dados são geradas informações das seguintes áreas: (d) controle da tarefa, (e) análise dos sinais de anormalidades, (f) classificação dos fatores operacionais, e (h) classificação da falha operacional.

O levantamento do tipo social e humano (T7 a T10) envolve coleta de dados no Departamento de Recursos Humanos, incluindo inventário de conhecimentos, comportamentos individuais e

[32] Participação sobre Lucros e Resultados.
[33] Equipamento de Proteção Individual.

grupais da equipe de turno. A coleta de dados também é feita a partir de enquetes, entrevistas e dinâmicas aplicadas sobre agrupamentos de operadores no turno, neste caso em um *Workshop* interno. Estes dados são processados e as informações resultantes vão permitir identificar ganchos ou características estruturais, não determinísticas, que possam levar o individuo ou o grupo a cometer falhas. Para identificar os tipos de comportamento em equipe se faz necessário analisar a rotina destas turmas quanto aos itens: competência, tendência ao deslize e tendência de não seguir regras estabelecidas.

4.2.1 Dados coletados no livro de turno (T1)

(a) Identificador estatístico e de tempo. Dados de entrada: mês (M), dia (D), turma de turno (Tt) e horário (Ho). Motivos: identificar no tempo, na turma e no horário de turno tendências das anormalidades com comportamentos sazonais; ainda analisar variáveis do ambiente físico: manhã/noite, inverno/verão, segunda/sábado, enfim, o relógio do trabalho; ainda analisar falhas em trocas de turno ou por perfil da supervisão.

(b) Identificador da divisão de trabalho. Dados de entrada: número de operadores (Op), número de operadores em dobra (OpD), percentual de dobras ((OpD/Op)*100) e número de sinais de eventos anormais (Sean). Motivos: analisar se o número de eventos anormais pode ser provocado por estresse físico ou cognitivo resultante do % de dobras.

(c) Identificador da descrição da tarefa. Dados de entrada: seção do processo (Spc), tarefas ou operações (Tf), local de origem da tarefa (OT), local de destino da tarefa (DT), volume processado (Vl), tempo para realização da tarefa (t), qualidade de processo (Qpc; ex. temperatura), qualidade de produto (Qpd; ex. %contaminante), qualidade do efluente (Qef; ex. ppm de contaminação). Motivos: verificar as condições de realização das tarefas e operações e o nível de controle a partir de tempos e qualidades no processo, no produto e no efluente.

(d) Identificador de controle da tarefa. Informações e dados: número de horas por operação (Nhor), número de vezes que a tarefa for realizada (nTf), tempo total gasto por operação (Tti=Nhor*nTf), tempo total gasto para todas as operações (Tt=ΣTti), horas disponíveis por turno (Td=Op*8), média de horas gastas por operador para segurança dos equipamentos e

pessoas (Hseg), total de horas com ocupação (Htot = Tt+Hseg*Op), percentual (%) de ocupação (Ocp=Htot/Td*100), % ociosidade técnica (Oci=100-Ocp(%)). Motivos: verificar a produtividade e a taxa de ocupação na realização das tarefas de rotina, podendo fazer análise reversa sobre a ocupação da operação com segurança das instalações e dos processos.

(e) Análise dos sinais de anormalidades. Descritivo dos eventos anormais (Desc), número de sinais de eventos anormais (Sean), especialidade da manutenção (EM = Mec, Ins, Cald, El, Pr). Assim, Mec = mecânica; Ins = Instrumentação, Cald = calderaria, El = Elétrica, Pr = Processo). Eventos Mecânicos que podem ser: desarme (des), selagem (Seal) e lubrificação (lub) e outros. Eventos de instrumentação que podem ser: válvula de controle (CV), válvula solenoide (SV), temperatura (T), pressão (P), nível (L) e corrente (A) e outros. Eventos de caldeiraria: obstrução (Ob), furos (Fu), transbordo (Tb), vazamento (Vz), problemas com válvulas motorizadas (Vmotor) e outros. Eventos elétricos: curto-circuito (Cc), eletroduto amassado (Elt), iluminação (Il) e outros. Com a motivação de possibilitar a preparação do mapa de eventos anormais (MEA) para construir as cadeias de anormalidades e preparar a interpretação sobre a análise dinâmica da falha na tarefa.

(f) Classificação dos fatores operacionais. Causa raiz (Cr), causa secundária (cs), consequência primária a quaternária (cq:p/s/t/q), sinal de falha (Si), Fator potencializador ou despotencializador (Fp), Fator de reciclo da falha (FRc). Com a motivação de possibilitar a preparação da cadeia de anormalidades, dando sequência para os sinais de anormalidades extraídos do livro de turno e dos dados de processo e operação.

(g) Classificação da falha operacional. Erro técnico (ETc): informação (info), material (mat), movimento (mov) e tipo de ferramenta (Fer). Erro na Tarefa (ETa): planejamento (Pl), percepção e observação (PO), interpretação (In), execução (exe) e medição de estado (ME). Erro humano (EHu): memória, atenção, conhecimento, regras, compromisso). Erro gerencial (EGe): decisão (Dc), diretriz (Di), estilo (Es) e comunicação (Co). Influência ambiental (IAmb): comunidade (Com), cultura organizacional (CO), posição econômica (PE) e inserção social (IS). Com a motivação de facilitar a amarração de mecanismos gerenciais e técnicos para a correção das falhas e facilitar a tomada de ação para neutralizar ambientes de trabalho nocivos para a realização da tarefa.

4.2.2 Dados coletados no procedimento operacional para análise da tarefa (PA1)

Foram coletados dados para viabilizar a investigação das tarefas nas unidades de processamento, transferência e armazenamento de gases, e investigadas todas as tarefas dos seguintes tipos: (a) segurança e utilidades (combate a incêndio e tocha), (b) transferência de GLP, (c) controle de armazenamento de GLP (flash) e (d) processamento do GLP (secagem, refrigeração e regeneração).

O Estudo do controle da tarefa levou em conta os seguintes aspectos: (1) Classificação da função no processo (emergência, operação normal, parada e intertravamento), (2) etapas do procedimento, (3) itens relacionados à segurança como o uso de PSVs, (4) as malhas de controle fechadas (vazão, pressão, temperatura e nível), (5) aspectos relacionados com alinhamentos na área por tarefa (operações com válvulas motorizadas, solenoides, gaveta e de controle, além de operações com flanges).

4.2.3 Dados coletados nas variáveis de processo para uso no AEP (T3)

As áreas de concentração para a realização das estatísticas são: a secagem, devido ao grande volume de processamento e ocupação dos operadores nesta atividade; as bombas de GLP na entrada e na saída da planta, que apresentam problemas de transferência como obstruções ou mau funcionamento das válvulas de controle e motorizadas; e o *flash*, que indica dificuldades no controle de condensação nos tanques refrigerados.

Os parâmetros estatísticos mais utilizados para análise dos processos e dos eventos anormais são a média, a mediana, o desvio padrão, e o valor máximo. Os dados foram considerados com base nas estatísticas de cinco dias em média; assim, os dias 1, 5, 10, 15, 20, 25 e 30 foram acompanhados em cada mês entre 2005 e 2006. Para a análise de tendências em dados de processo referente a operações de logística, que envolve transferências e operações intermitentes, buscam-se algumas variáveis derivadas para indicar eficiência no controle de flash, transferência e refrigeração. Assim, a soma dos desvios padrões da pressão de descarga,

pressão de óleo e corrente de compressores permite a compensação de máquina parada com maquinas operando sendo possível à análise de tendência.

Após consenso com o *Staff* da empresa e análise das variáveis de processo, chegou-se a conclusão que as que apresentavam indicadores da força da falha foram:
* Na secagem e refrigeração: (1) controle de pressão na saída da refrigeração e abertura da respectiva válvula de controle; (2) controle de pressão no ciclo térmico e abertura da respectiva válvula de controle; (3) soma dos desvios padrões da pressão de descarga; e (4) temperatura de saída da planta após refrigeração e abertura de válvula de controle.
** No controle de flash dos tanques refrigerados através de compressores: (5) soma da média e soma do desvio padrão da corrente do compressor de flash; (6) soma de máximos da corrente dos compressores de flash; (7) controle de pressão de flash e abertura de válvula após a compressão; (8) soma da Pressão de flash e da pressão de óleo de lubrificação do compressor de flash; (9) soma da pressão de descarga e da pressão do óleo de lubrificação do compressor de flash.

4.2.4 Dados coletados nos registros do SMS para Análise (PA14)

As práticas gerenciais, no que se refere às questões ocupacionais do trabalhador no posto de trabalho seguem normas voluntárias, mas de certa forma obrigatórias, devido ao mercado internacional de produto assim, a importância da ISO-14000 e 18000 é grande para as estratégias de exportação. Mesmo as empresas que não exportam são obrigadas a atender as normas regulamentadoras, portanto com força de lei e que exigem a criação da CIPA para prevenir acidentes e a implantação de Programas para prevenção de risco ambiental, PPRA.

Para atender aos requisitos das normas voluntárias e regulamentadoras nas áreas de segurança, saúde e meio ambiente, é montado na empresa um sistema de banco de dados com os registros de desvios, incidentes e acidentes que são investigados e interpretados a partir de gráficos estatísticos.

No caso da indústria que processa GLP, objeto de estudo, os dados tratados foram: título, dias para implantação das ações, data da ocorrência, área da ocorrência, palavra-chave, tipo de

desvio, grau, nível de realidade, inicial ou não, descritivo, análise e ação. O incremento dos registros no ano de 2008 mostra uma maior preocupação para investigar incidentes. As palavras-chaves são atalhos em linguagem coloquial que rapidamente identificam o evento. O tipo de ocorrência é classificado como: acidente, acidente com lesão, desvio, desvio crítico, desvio sistêmico, falha operacional sistêmica, incidente, incidente de alto potencial, incidente crítico, não conformidade, ocorrência anormal e reclamação. Os incidentes maiores são aqueles que provocam maior consequência, os reais são aqueles que têm consequência atual e não potencial e também são classificados quando o evento não é repetido; portanto, é inicial.

Após avaliação estatística dos dados do SMS da empresa, verificou-se a diferença entre os aspectos envolvidos nos desvios registrados (infraestrutura e administração) em relação aos sinais de anormalidades identificados na pesquisa que indicam cadeias de anormalidades nas áreas de fornos, controle do tanque de refrigerado e qualidade do GLP.

4.3 COLETA DE DADOS HUMANOS E SOCIAIS (T7 a T10)

Inicialmente, a discussão sobre o sigilo dos dados humanos e sociais fez com que o pesquisador trabalha-se com dados grupais e não individuais evitando identificar nomes, turmas de turno, podendo assim preservar a identidade dos operadores. Outro aspecto importante é que os dados levantados não permitem ações na base da certeza levando a definição de tendências, o nível de certeza do comportamento humano depende da validação de dados a partir de fontes diferentes.

Ressalta-se que foram feitas observações sobre a vivência no ambiente de trabalho (T12), mostrando quais as tendências da cultura e dos tipos de comportamento do trabalhador baseados em aspectos da cultura regional, global e organizacional. Observações também foram feitas acerca de posicionamento econômico (PA15) e dos novos paradigmas enfrentados pela empresa pública industrial e suas coligadas, neste caso, empresa de processamento de gases.

A análise das relações que definem o comportamento do operador no trabalho depende da composição do comportamento baseado em dados e informações levantados das seguintes

origens: (1) Dados primários levantados a partir de RH, entrevistas, questionários e dinâmicas (T10); (2) Informações resultantes do processamento de dados e das relações (comportamento, leitura do corpo, histórico, resultante da cultura, competência – T7); (3) Posicionamento quanto: à análise de recompensa para a empresa e para o empregado, à aceitação de regras e autoridade, ao inventário de competências (PA8), ao nível de compromisso (influência da cultura, do gerente e das relações sindicais e vícios culturais – PA12); (4) análise do leque de comportamentos na rotina de trabalho (T9 e PA11): inclusão, afeição, criatividade, atenção, memória, disciplina, organização e justiça; (5) aspectos diretamente relacionados à realização da tarefa: liderança, controle, decisão, cooperação e papéis grupais (PA3, PA10 e PA11).

A seguir, apresenta-se um maior detalhamento nos dados coletados no RH e no workshop voltado para esta finalidade. Os dados referentes à identificação da cultura técnica e referentes à análise da equipe com estresse são tratados respectivamente nos itens 4.8.2 e 4.6.2. O procedimento completo para coleta de dados sociais e humanos está no Apêndice A.

4.3.1 Sobre o workshop para coleta de dados (T12)

Com o objetivo de coletar dados junto à operação foram realizados dois workshops com participação voluntária, tendo alcançado 40% de amostragem sobre a equipe de turno. Nestes workshops foi apresentada a importância da Confiabilidade Humana para a Segurança de Processos e a Produtividade através de palestra de sensibilização; foram aplicados questionários sobre o comportamento individual e grupal, na tentativa de medir aspectos de cooperação e negociação em grupo.

Uma enquete complementar foi aplicada para levantar informações sociais e humanas, obtidos voluntariamente pelo operador, de modo a vislumbrar aspectos de equilíbrio emocional que influenciam no compromisso e na aplicação de competência ao executar a tarefa. Alguns questionamentos técnicos foram aplicados sobre a rotina da operação e a interpretação quanto a possibilidades de falha operacional, aumentando o risco de acidentes. Assim após a análise da resposta do grupo e comparando com a análise do discurso do operador, torna-se possível a identificação da cultura técnica (ICT).

Para finalizar, foi aplicada dinâmica de grupo com cinco níveis de decisão, onde as equipes de turno, após cada situação apresentada, são requisitadas para construir programa de ações que visem evitar ou mitigar a situação proposta.

4.3.2 Dados sociais e individuais do operador (T7)

Os dados discutidos a seguir se referem à autoavaliação, divididos em dois blocos de informação: os dados sociais, que indicam nível de inserção na sociedade ou no grupo, e os dados humanos, que tratam do reflexo da vivência sobre o corpo enquanto saúde e comportamento.

a. Dados sociais

Os dados sociais da enquete foram divididos em: informações culturais, influência de pais, aspectos familiares, aspectos sobre a própria comunidade, alimentação e costumes sociais, laços de amizade, lazer e *hobby*, ações na sociedade e na família.

Neste momento trava-se uma breve discussão para análise dos dados, facilitando as conclusões sobre o tipo humano e social. A religião é inserida no movimento cultural, podendo indicar uma relação de fidelidade crítica ou cega; não é um fator determinista, mas junto com outras informações pode indicar tendências culturais. O mesmo pode-se dizer em relação ao esporte ou time de futebol, sabendo que torcer e praticar esportes pode indicar "oxigenação nos pensamentos", seguindo a duas tendências: preservar o lazer para a qualidade de vida e saúde corporal leva à mente equilibrada.

As relações familiares na cultura brasileira são preservadas mantendo a proximidade dos pais, embora a tendência globalizada seja o não vínculo afetivo a partir de certo momento, podendo significar a colocação de parentes em residência para idosos. Assim, a presença de pais vivos que dependem financeiramente dos empregados da empresa pode significar vínculo afetivo ou desequilíbrio emocional. A posição na família indica o nível de vínculo adotado. O equilíbrio emocional é completado ou torna-se incompleto dependendo da constituição de família e da

harmonização na mesma; assim, são levantados dados como estado civil, número de vezes em que foi casado (egocentrismo e construção de vínculos afetivos), quantidade de filhos e idade.

A atuação na comunidade é autoanalisada pelo operador que responde sobre política, ética, ação social e tipo de participação. Dependendo da resposta e dos outros traços levantados, pode não haver sinceridade nestas respostas, devido ao comportamento preferido, mas nem sempre praticado do "razoável social". Aspectos de dominância cultural[34] avançam sobre os costumes de alimentação, convivência com os pais, festas, bebida e tabagismo. A resposta pode dar indicativos de dependência ou ainda sobre a adoção da cultura globalizada ou de massa.

Para finalizar, manter amigos após se estabelecer no ambiente de trabalho e equalizar com a família e a comunidade significa ser atuante; até que ponto é possível atingir este estado? A partir de quantas horas de ocupação o lazer se considera vício? Qual a intensidade de participação na família e na sociedade que pode ser considerada razoável para a cultura atual?

b. Dados humanos e individuais

Os aspectos de convivência na sociedade, no trabalho e na família geram comportamentos resultantes de imposições destes meios para a inclusão social/ sobrevivência financeira ou geram comportamentos formulados a partir de estratégias para a defesa desta inclusão social/ sobrevivência financeira. Como resultado de imposição ou como estratégia pré-formulada, ambos os comportamentos podem ser discutidos quando se conhece o comportamento do operador e da sua família em relação à saúde, a autoimagem e ao comportamento.

Assim, na enquete de autoavaliação são questionadas informações sobre: a saúde na família; a infância do operador; o tipo de comportamento com informações primárias de doenças, peso, altura; aspectos de higiene pessoal e estética; e aspectos relacionados com a cognição humana, que de alguma forma influencia na construção de mapa mental para a execução da tarefa no trabalho.

[34] Análise da cultura dominante para a população moldando seu comportamento.

Uma breve discussão é feita para nortear o uso dos dados, itens relacionados à saúde na família podem indicar a propensão a não suportar estresses devido a doenças cardiovasculares ou doenças relacionadas com a autoridade ou controle excessivo. Esta mesma discussão é feita quando o operador era infante, indicando situações imunológicas e costumes quanto ao trato com as doenças do corpo. O uso de medicamentos pode ser indicativo de dependência, levando à perda de harmonia no corpo e alterando também o comportamento; que coincide com acontecimentos atuais na cultura de massa resultante da globalização.

A relação entre peso e altura indica estabilidade nutricional ou ainda costume regional que pode prevalecer sobre o costume globalizado. As doenças do coração e relacionadas à pressão sanguínea podem indicar maior sensibilidade ao estresse, traços não interessantes para o mundo do trabalho atual, mas que são muito presentes.

As doenças respiratórias podem indicar dependências quando relacionados a aspectos familiares ou do infante. As doenças do trato intestinal podem ser características de reação a autoridades, sendo indicativo quanto ao nível de fidelidade. Alguns sintomas que envolvem doenças de pele, segunda a medicina psicossomática, podem envolver processos de culpas não resolvidas e vínculos afetivos nos ambientes sociais (HAYNAL, 2001).

Quanto aos aspectos ligados à estética, podem indicar confronto em relação à sociedade, onde a não limpeza do próprio corpo pode estar associada ao descrédito em aspectos sobre “perdas de processo” no ambiente laboral.

A cognição é um fator primordial no ambiente de trabalho, mas, novamente, como se trata de uma autoavaliação, pode acontecer de o operador não responder com sinceridade à enquete. Assim, são questionadas posições sobre: a atenção, a memória, o senso de percepção, o pensamento, a linguagem e a inteligência.

4.3.3 Dados do questionário sobre comportamento individual no grupo (T8)

Ao responder o questionário sobre comportamentos individuais espera-se localizar o indivíduo e o grupo acerca das questões de sociabilidade. As perguntas são feitas tendo como

respostas sim e não. Cada respondente tem um número de respostas esperadas com base nos resultados deste "suposto" padrão são calculados a média, o desvio padrão, o fator de variabilidade e a diferença em relação ao padrão esperado. Exemplo de perguntas do questionário individual e sobre as ações em grupo são apresentadas no Apêndice C.

(1) Atitudes mentais que contribuem para a sociabilidade: Bondade (tendência à união), compaixão (afetam a competitividade), afetividade (sensibilidade em relação a terceiros), otimismo (moderado para trabalho com desprendimento), autodomínio (atender a situações de emergência); respeito (simpatia ou empatia para com o grupo); atitudes mentais desfavoráveis para a sociabilidade: esnobismo (menosprezar os outros), egoísmo (opinião exagerada sobre si e deprecia o amor próprio dos outros), excesso de crítica em relação aos defeitos (afastar colegas de trabalho), egocentrismo (concentrar-se em si ao invés de nos colegas), temperamento irritado (baixo autocontrole e discussão com os colegas).

4.3.4 Questionário sobre comportamento grupal: cooperação e liderança (T9)

Segundo Schutz (1966), o método FIROB[35] analisa a orientação comportamental das relações interpessoais fundamentais. Afirma que existem três áreas fundamentais para compreender e prever o comportamento interpessoal. Ainda que muitos outros fatores influenciem as atitudes de uma pessoa, ao se conhecer sua posição nestas três dimensões podem-se fazer inferências significativas sobre o seu comportamento. Essas três áreas são: inclusão, controle e afeição.

A inclusão está diretamente relacionada com a sociabilidade indicando a tendência a ficar em grupo ou isolado. Na inclusão, o grau em que a pessoa se associa com o outro são avaliados. Segundo Jung (2002), conceitos de "introversão" e de "extroversão" estão relacionados com a inclusão na sociedade ou em grupos sociais. Já a manutenção de situações sociais em controle está relacionada com a racionalidade podendo levar ao maior conforto de certos líderes mais centralizadores durante as decisões de emergência. No controle se mede o grau em que a pessoa assume a responsabilidade, toma decisões ou domina outras pessoas. Em relação à afeição, o equilíbrio emocional pode impactar sobre o processamento cognitivo e as

[35] *Fundamental interpersonal relations orientation.*

respectivas análises organizacionais (recompensa, compromisso, vieses na tomada de decisão, justiça e aplicação de competências).

Tipo de resposta: manifesto e desejado. Em cada questionamento pode-se obter dois tipos de respostas, o comportamento manifesto ou expresso pela pessoa, ou comportamento aberto, observável. No segundo caso, o comportamento desejado da pessoa. O comportamento desejado é menos diretamente observável, e como tal, constitui informação valiosa para compreender e predizer o comportamento.

Definição dos Perfis. Ao responder os questionários numa ponderação de 1 a 6, a soma das repostas por tipo vai definir em que tipo de perfil se enquadra quanto à inclusão, controle e afeto.

4.3.5 Dados do RH (T10)

Estes dados de RH são resultantes de acima de 40% de amostragem sobre a equipe de 23 operadores, representando bem a população do ambiente laboral.

A origem do empregado (empresa de logística ou empresa de refino), a data de nascimento, a idade, o grau de instrução com um número que indica nível de conhecimento, o número de dependentes, a idade do empregado por dependente, o período de admissão, o tempo calculado pela data exata. Além disto, a alteração de cargos, quantos níveis foram adquiridos, idade pelos anos de trabalho, anos de trabalho por dependente, progressão salarial (níveis por ano de trabalho), tempo de afastamento em dias e afastamento por ano.

O empregado proveniente da empresa de refino, a princípio, tem maior preparação de habilidades quanto a situações de emergência e de rotina. A maior idade do trabalhador pode representar mais experiência ou também mais vícios; assim esta analise requer cuidados e validação a partir da identificação individual da cultura técnica, ao mesmo tempo em que o "mais novo", a princípio, tem menos conhecimentos e toma iniciativas sem pensar, mais impulsivo (posições não deterministas).

O grau de instrução pode não significar maior conhecimento, visto a qualidade dos conhecimentos adquiridos atualmente, mas, levando em conta a possibilidade de aumentar a complexidade no pensamento, pode facilitar a interpretação sobre problemas complexos. Outra possibilidade é que o operador com maior nível de instrução seja menos produtivo, pois é um questionador em excesso. Os testes e as dinâmicas com estresse podem indicar qual a tendência, se aliada ao conhecimento disponível, mas não totalmente aplicado da globalização.

O número de dependentes pode estar atrelado à necessidade de construir vínculos ou de eventualidades na vida de casal ou ainda na praticidade financeira (Em qual destas classes estariam os operadores?). A idade do empregado por dependente indica a intensidade com que os questionamentos acima são verdadeiros.

O período de admissão pode indicar mudanças culturais na empresa quanto a aspectos de segurança, quanto à proximidade ou não no relacionamento interpessoal e quanto aos vieses gerenciais e sindicais possíveis de ocorrer. O tempo de casa pode indicar pessoas descrentes (antigas em silêncio) ou energéticas (novas e com vontade de mudança), ou ainda, avaliar as diferenças, pois este assunto é subjetivo e não tão facilmente definido.

Aparentemente, o número de níveis adquiridos em relação ao tempo de casa pode representar um maior compromisso e identidade da empresa em relação a estes empregados, ou ainda, podem representar “apadrinhado”, levando para um perfil gerencial centralizador com baixo nível de senso de justiça, ou ainda mudanças culturais, impondo perfis com características propensas para desatenção, e não vínculo emocional com o trabalho.

Alguns números secundários importantes são: (a) idades pelos anos de trabalho, que pode indica a permanência como dependente por mais tempo; (b) anos de trabalho por dependente, indicando a tendência à construção de vínculos emocionais ou não adotando diferenças de cultura dominante (global versus regional); (c) afastamento devido a acidente por ano de trabalho, indicando tendências da cultura de segurança ou da cultura social.

4.4 MAPEAMENTO DE EVENTOS ANORMAIS E SINAIS DE FALHA (MEA)

A partir do livro de turno no período de 1º de Janeiro a 1º de março de 2006 foi realizada coleta de ocorrências que indicam anormalidades nas atividades de logística e processamento de gases combustíveis (GLP). O Mapeamento das Anormalidades ou dos Eventos Anormais (MEA) é preparado através de registro das ocorrências em forma de árvore e codificado conforme a lógica e a frequência. As relações entre estas ocorrências resultam em cadeias de anormalidades e os descritivos destas cadeias formam o Relatório de Eventos Anormais (REA). A validação deste REA é parte importante deste processo. Para a pesquisa em andamento foi escolhida a Cadeia 3 para apresentação indicando os resultados da investigação de anormalidades, referente ao Compressor de ar de instrumento.

As anormalidades registradas em forma de cadeia causal precisam ser validadas através de discussão com o *staff* e com o turno. As anormalidades estão relacionadas com: (1/3) sistemas de apoio à produção (incêndio, ar comprimido); (4) comunicação com o supervisório, CCM[36], PLC, CVTV[37]; (2/20/21/22/23) qualidade da matéria-prima quanto à presença de sólidos, água em excesso, etano em excesso ou corrosivos (R2S2); (9/10/11/12/13/14) falhas no forno da regeneração (na carga, no sistema de segurança para o piloto/queima e no controle); (7/8) falhas no leito de regeneração (saturação); (15/20) falhas na refrigeração devido a leves ou outros contaminantes, provocando *trip*[38] (compressores ciclo térmico e topo de tanque); (16/19) falhas nas bombas de produto e de processo (bombas de produto e condensado); (17/18) falhas no controle do tanque de refrigerado; parte destas anormalidades está conectada entre si, e a cadeia 22 e 23 representam anormalidades que impactam toda a planta de processamento de gases. O resumo das cadeias de anormalidades se encontra no Apêndice K deste trabalho, no Quadro K.1.

(Conclusão PCA1/16 – anormalidades) A presença de sólidos no circuito de alimentação afeta válvulas, bombas e esfera. A pressão alta pode ser provocada por baixa operabilidade das válvulas de controle e das motorizadas. O problema de ar comprimido impróprio potencializa as falhas, mas a causa principal pode ser devido a erros de projeto. A contaminação por umidade e por compostos sulfurosos aceleram os problemas.

[36] Painéis de comando elétrico.
[37] Rede interna de TV.
[38] Parada de equipamentos e unidades industriais.

4.5 ANÁLISE DE PROCESSOS, LOGÍSTICA, OPERAÇÕES, MANUTENÇÃO E SEGURANÇA (T3 – AEP e T4 - EVA).

Os aspectos técnicos aqui discutidos são relacionados às técnicas já desenvolvidas e aplicadas nas plantas industriais de aminas e polímeros (ÁVILA FILHO, 2004), sendo ambas relacionadas à análise estatística com base nas classes e no aspecto temporal. As análises dinâmicas do processo são nomeadas como AEP ou Acompanhamento Estatístico de Processos, discutidas na seção 4.5.1. Já as análises de dados discretos, em base cronológica ou de classes são discutidas pela técnica EVA, aqui nomeada como Estatística de Eventos Anormais e que se referem a aspectos de logística, operações, manutenção e segurança, tratado do item 4.5.2 ao 4.5.5.

4.5.1 Análise de Processos

O Parque de GLP da empresa está capacitado para estocar GLP pressurizado proveniente do fornecedor, que efetua o refino de petróleo, bem como estocar GLP refrigerado, e carregar/descarregar GLP proveniente de navios. A unidade conta com tanques refrigerados (capacidade total de 20.000 toneladas), esferas pressurizadas (capacidade total de 7.500 toneladas) e 2 píeres para atracação de navios propaneiros. A transferência de GLP pressurizado do fornecedor para o parque de GLP do terminal ocorre através de dutos subterrâneos que alimentam diretamente as esferas.

Para viabilizar as operações principais, a unidade conta também com: compressores de *boil-off*, que comprimem os vapores gerados nos tanques refrigerados; compressores de *flash*, que comprimem e condensam os vapores gerados durante as transferências de GLP na planta; compressores de refrigeração, que operam quando o GLP é transferido da tancagem pressurizada para a refrigerada; sistema de secagem de GLP líquido e vapor e os sistemas auxiliares.

Para o acompanhamento de processo foram escolhidos equipamentos pertencentes às áreas de processamento de gás: secagem e *flash*. Sabe-se que a unidade de processamento de gases é

de logística, portanto, opera com a demanda, mas pode-se evitar o maior esforço dos equipamentos através da estabilização dos processos.

A. Secagem e refrigeração

A pressão pode ser resultado da carga para a secagem ou de controles de vazão, devido à restrição na refrigeração ou no recebimento em tanque de refrigerado. Nota-se na Figura 4.2 que existe consistência na indicação de pressão - PC, o que pode indicar estabilidade de processos.

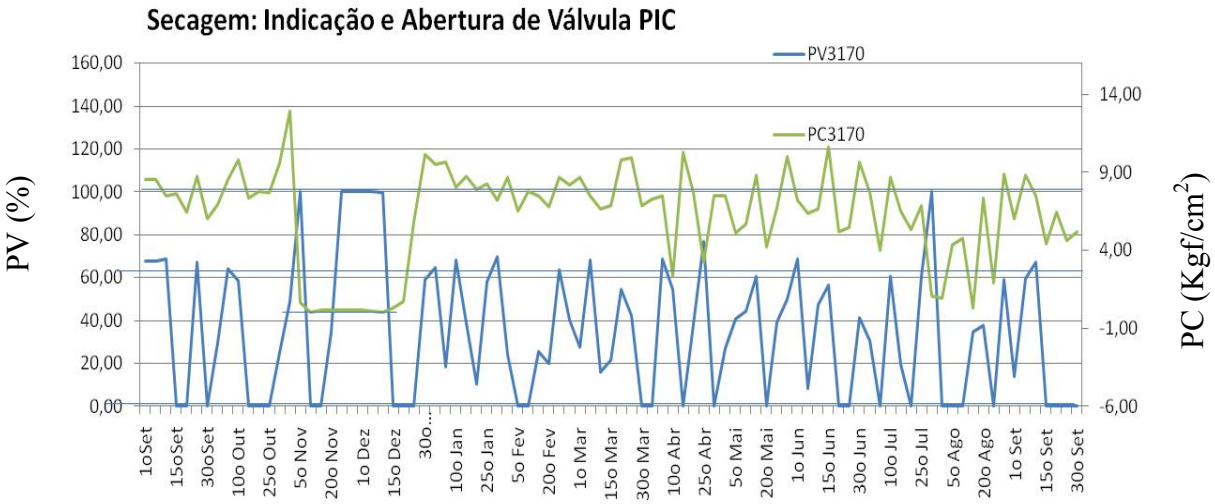


Figura 4.2 - Pressão na saída da refrigeração em unidade de GLP.
Fonte: Autoria própria.

A pressão na descarga dos compressores de vaso de flash, localizado no topo dos tanques de refrigerado, para controlar a vaporização e manter o GLP refrigerado, também indica etapas de estabilidade que podem auxiliar nas interpretações sobre anormalidades de processo. Este comportamento é indicado na Figura 4.3.

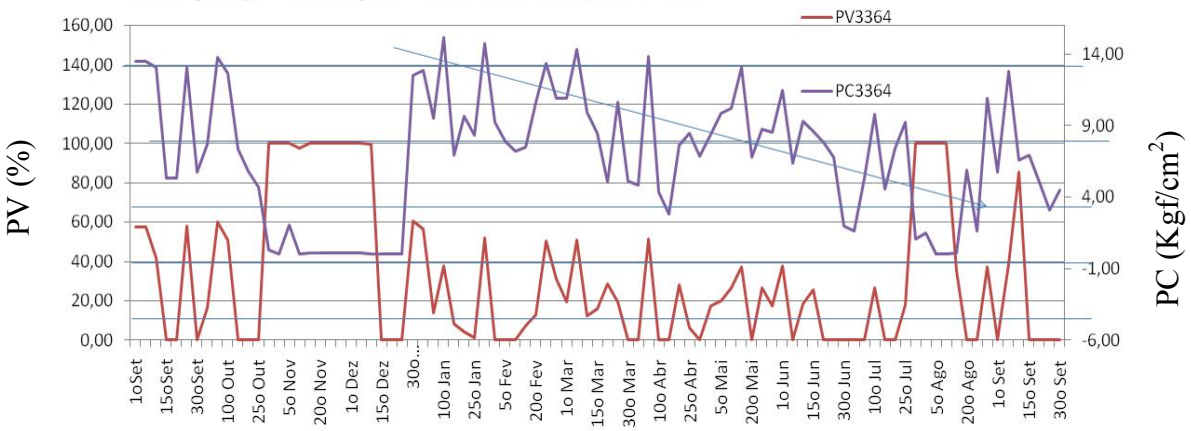


Figura 4.3 - Pressão de descarga no ciclo da refrigeração.
Fonte: Autoria própria.

Eventuais oscilações no controle da pressão de secagem podem ou não afetar o controle da pressão do 3º estágio no compressor de refrigeração. Neste momento, como indicado na Figura 4.4, pretende-se avaliar o somatório do desvio padrão dos parâmetros "indicação" e "abertura de válvula".

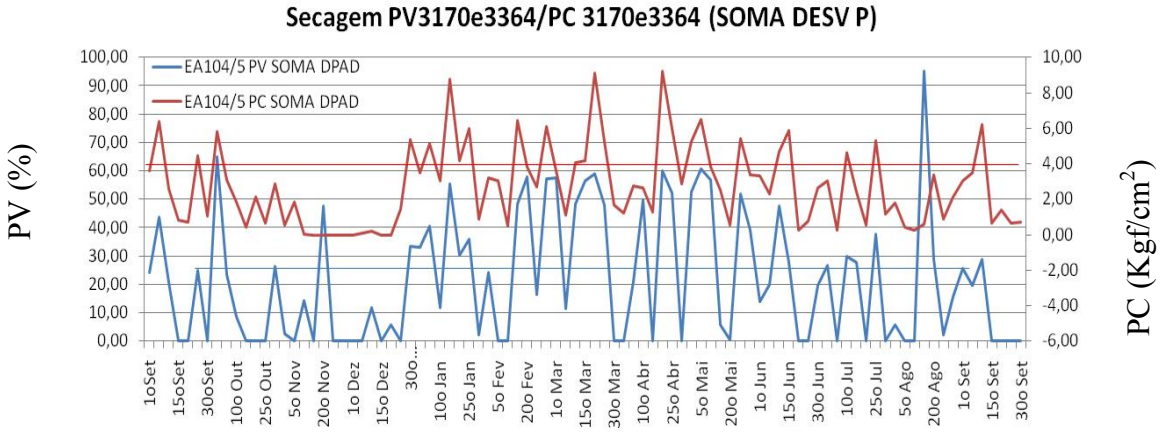


Figura 4.4 - Soma dos desvios padrões na pressão de descargas/ciclo térmico e na válvula de controle.
Fonte: Autoria própria.

Com previsão de recebimento de GLP e saída programada, os equipamentos rotativos poderiam trabalhar com continuidade e maior confiabilidade. Esta variação na pressão de descarga pode ser originada pela presença de etano no propano seco. Assim, faz-se necessário acompanhar a qualidade e a quantidade recebida. Com isso, é necessário programar os recebimentos e as entregas para melhorar as consequências deste *zigzag* na operação de compressores.

A temperatura após a refrigeração, e sua respectiva abertura de válvula de controle tem relação direta com a carga da secagem e com a eficiência do ciclo térmico. Ambos funcionam bem se o fluido da refrigeração for seco, sem etano e se o GLP estiver isento de água. Pela Figura 4.5, notam-se grandes oscilações na abertura de válvula, com média de 50% - efeito serrote com oscilações na temperatura, que atinge patamares: 20ºC, 10ºC e -5ºC.

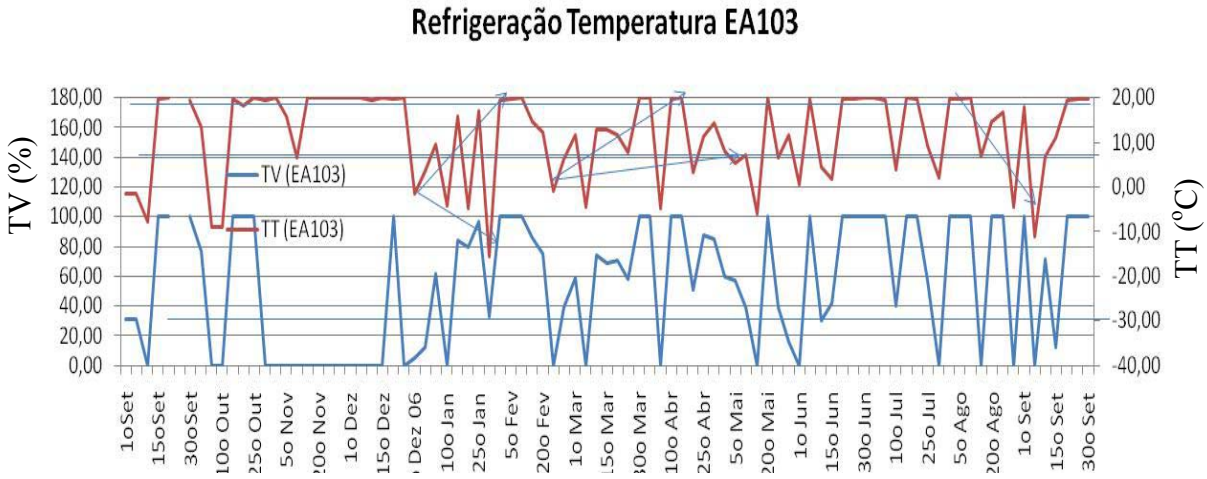


Figura 4.5 - Temperatura na saída da refrigeração.
Fonte: Autoria própria.

B. Compressores de flash

Todos os compressores de *flash* funcionam com média de corrente em efeito serrote ou *zigzag*, ou seja, estão sempre oscilando. A programação de recebimento e consequente processamento do gás é realizada à medida que a refinaria envia o GLP; isto significa que as cargas de vapor de GLP para o tanque de refrigerado podem ser oscilantes, dependendo da demanda. As cargas de vapor são decorrentes de: vaporização de alimentação no trocador de entrada; energia térmica da bomba de refrigerado; calor recebido na linha de transferência aos píers; calor recebido pelo tanque de navio; *boil-off* do tanque em operação; vapor deslocado do GLP líquido. É importante estimar cada carga para diminuir a oscilação na medida do possível.

Com referência a Figura 4.6, embora a soma do desvio padrão da corrente do compressor de flash esteja oscilando em efeito “serrote”, não segue as mesmas tendências da soma da média da amperagem. No início, a redução da soma das amperagens equivaleu à redução do desvio padrão, mas depois as tendências foram diversas, mostrando que, possivelmente a carga de

vapor de diferentes origens pode estar provocando variação de desempenho do compressor. Tendência direta de setembro a novembro de 2005, inversa de dezembro a março de 2006, estável com oscilações entre abril e setembro de 2006.

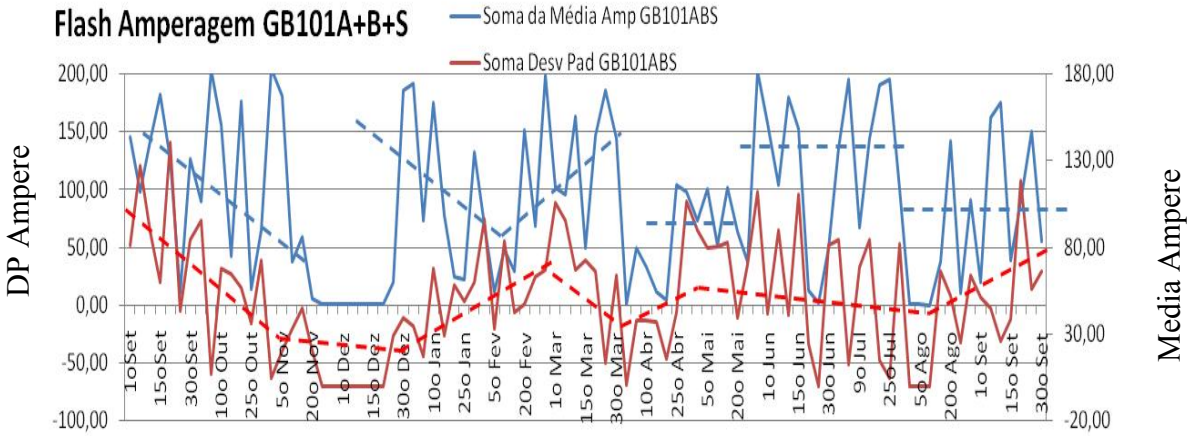


Figura 4.6 - Soma das médias da corrente e dos desvios padrões de compressor de flash.
Fonte: Autoria própria.

Somando o máximo da amperagem de cada compressor, houve uma estabilização da curva, apesar de operações com compressores alternados, ou seja, opera e para. Pela Figura 4.7, no início do período esta soma alcançou 400 ampères com grandes esforços daí para 100 ampères, indicando baixa carga e retornando para 200 ampères com esforços normais. Assim, picos ascendentes para 300 ampères ou descendentes para 100 ampères indicam eventos que correspondem a quantidades variáveis de vapor no circuito levando a necessidade de tomada de ação preventiva e corretiva.

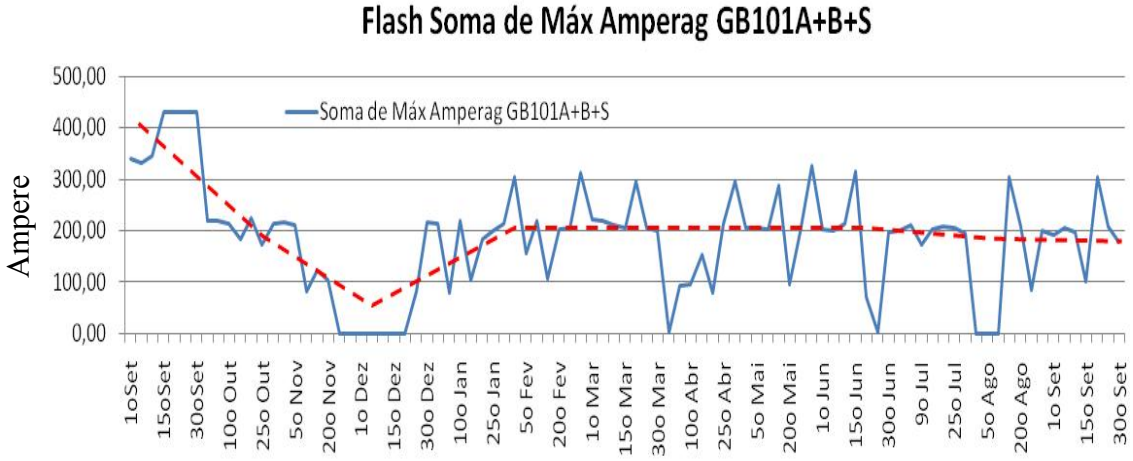


Figura 4.7 – Soma de máximos da corrente dos compressores de *flash*.
Fonte: Autoria própria.

A abertura da válvula de controle da pressão segue o sentido inverso da média de pressão no compressor de *flash*. Assim, quando a válvula tende a abrir, a pressão tende a cair. O interessante é que todo sistema de ciclo térmico opere com o sentido inverso entre média e abertura de válvula, provavelmente, também ocorre nas condições de regeneração. A qualidade do GLP está relacionada com a umidade e a corrosão provocando situações não controladas. A partir do perfil apresentado na Figura 4.8, é possível sugerir comportamentos e verificar quando existe sobrecarga de vapores de GLP: nos dias 5 out05, 25 out05, 20 jan06, 5 fev06, 15 mar06, 5 mai06, 20 mai06, 20 ago06 e 1º set06. A abertura da válvula varia entre 45 e 80%, com indicação de pressão de 5 a 15 kgf/cm^2.

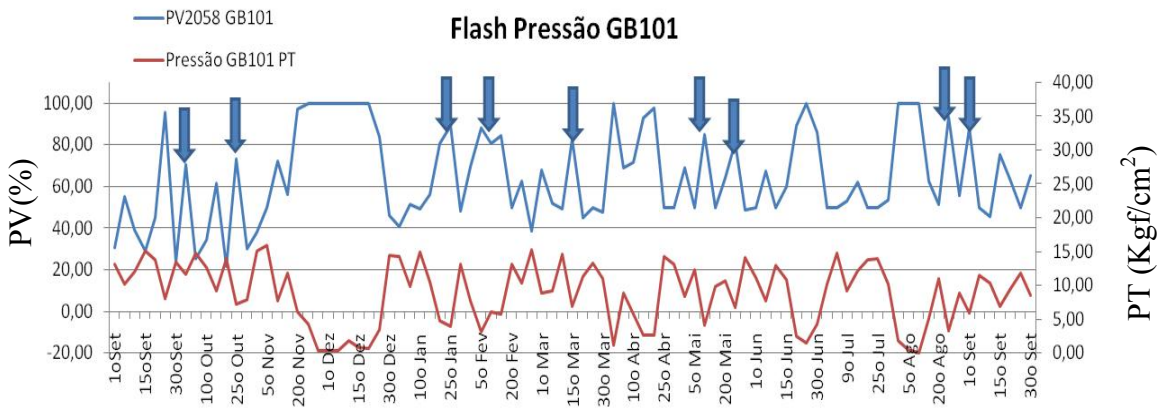


Figura 4.8 - Pressão de *flash* e abertura de válvula após a compressão.
Fonte: Autoria própria.

Acompanhando pela Figura 4.9, removendo os pontos que indicam parada do compressor de *flash*, a soma das pressões de óleo está em torno de 15 a 30 kgf/cm^2. Considerando que o máximo de compressores operando neste período seja dois, considera-se que cada compressor tenha 15 kgf/cm^2, sendo que um compressor com 20 kgf/cm^2 esta em sobre carga e dois compressores em 40 kgf/cm^2 também.

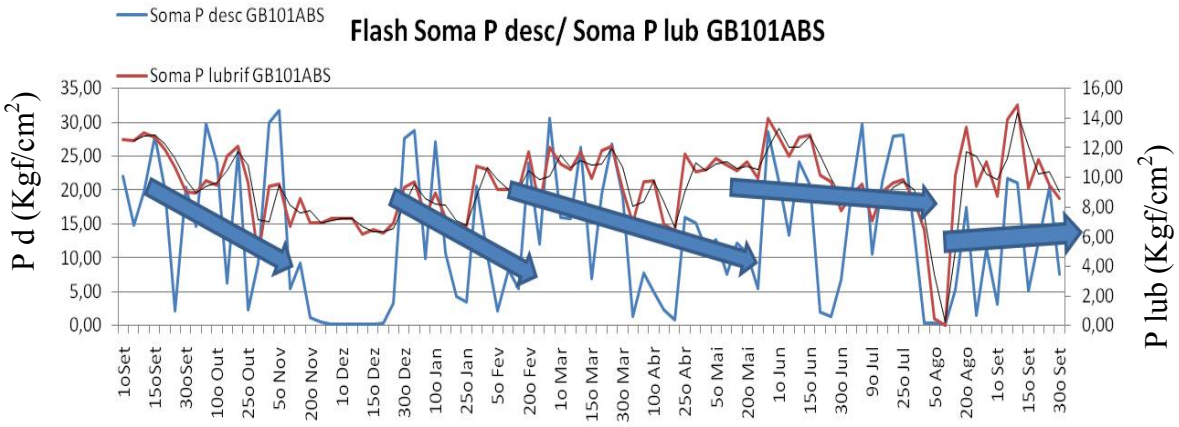


Figura 4.9 - Soma da Pressão de *flash* e da Pressão de óleo lubrificação do compressor de *flash*.
Fonte: Autoria própria.

A pressão do óleo oscila entre 2 e 15 kgf/cm^2, de forma mais suave e indica sobrecarga sobre o sistema como apresentado na Figura 4.10. Os valores são muito oscilantes com tendências que podem indicar aumento de carga ou alteração na qualidade do produto acabado: set05 (50) a dez05 (10); jan06 (28) a mar06 (34); abr06 (15) a jul06 (38); abril06 (45) a julho06 (38) paralelamente ao anterior e; jun06 (10) a set06 (30).

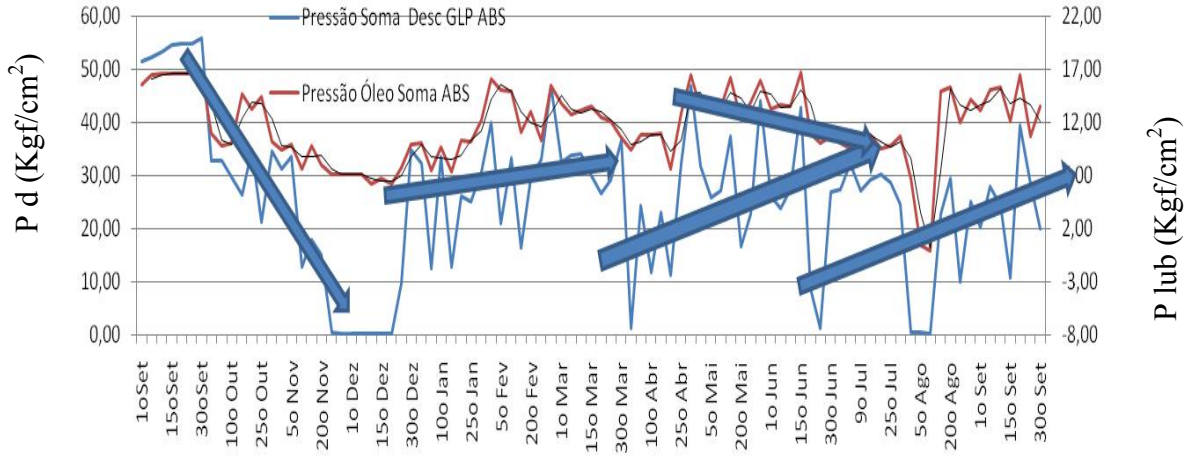


Figura 4.10 - Soma da Pressão de descarga e da Pressão de óleo lubrificação do compressor de *flash*.
Fonte: Autoria própria.

(Conclusão PCA2/16 – processo) A indicação de pressão PC3170, PC3364 (desvio padrão) pode indicar tendências do processo/segurança, a PV regula embora em manual. O acompanhamento de máximo de Pressão de descarga das bombas de GLP pressurizado é discutido, mas a soma do desvio padrão é mais significativa. A soma dos desvios padrões da amperagem do GB101 ABS contribui para o conhecimento e também a soma dos máximos de amperagem no GB101. Também tem sentido a soma da pressão de óleo de lubrificação do flash.

4.5.2 Análise de Logística

Algumas considerações relacionadas a cargas de navios levam em conta a existência de Programação e Controle de Produção (PCP) para atender à área de vendas de serviços em processamento de gases. A existência de GLP nos tanques/esferas e a disponibilidade da área operacional (equipamentos e pessoas) viabilizam a carga de navios. Mas, sabe-se pelo lado do fornecedor que a demanda por GLP é sazonal e os navios que fazem o seu transporte são em número restrito, indicando que em certos momentos, o processamento de gás opere dando prioridade ao carregamento de navio que se encontra atracado no píer, podendo até parar momentaneamente outras operações de transferência. Desta forma, fica mais difícil aumentar a produtividade de carga e do processamento de gás, baseado no tempo de espera para chegada do próximo navio. Os acompanhamentos realizados na logística são realizados conforme listados a seguir, onde são feitos comentários sobre o aumento de produtividade na logística de carga e de transferências:

a. Número de cargas e horas de carga para navio. O ideal é diminuir o número de atracamentos e aumentar a quantidade de horas em carga ou descarga, aumentando, assim, a produtividade com a escala de transferência de fluidos; para isto, existe a limitante dos navios disponíveis pelo cliente.

b. Final de carga por horário de turno por navio. A preferência maior é encerrar os carregamentos em termos de documentação, no horário de 7 às 15 horas, principalmente no caso das cargas para determinado Navio Tanque G. De acordo com a empresa, esta preferência se deve ao fechamento desta documentação após o final da operação do navio.

c. Número de dias entre cargas para Navio. Houve poucos casos (mais precisamente três) onde se iniciou carregamento de navio no mesmo dia do encerramento de outras cargas. O número de dias entre carregamentos mais comum foi entre 1 e 2. O número de vezes em que ocorreu entre 4 e 5 dias entre carregamentos foi três eventos de cada. Se classificarmos as cargas em abaixo de 2 dias (inclusive) e acima de 3 dias (inclusive), teremos o seguinte número de eventos: 10 eventos abaixo de 2 dias (inclusive) e 8 eventos acima de 3 dias (inclusive). Sendo assim, pode-se afirmar que a estrutura da empresa deve estar disponível

para qualquer destas situações, mas é importante analisar a possibilidade de programar demanda de forma antecipada com prazo fixo entre cargas de navios.

d. Horário de turno: Transferência de tanques do Refino para a Empresa e operações auxiliares na Empresa Processadora de gás. Nota-se que o fechamento das transferências de GLP do fornecedor para refrigeração e secagem é realizado preferencialmente no turno das 7 horas. As diferenças entre os três horários não é tão grande, indicando não existir nenhuma orientação específica de encerramento de carga.

(Conclusão PCA3/16 – logística) Como as operações de logística estão amarradas a prioridades de entrega de material processado para atender às disponibilidades de navio e de GLP no fornecimento, as atividades desenvolvidas em bloco não trazem muitas informações numéricas e sim decisões discretas sobre a ação a ser realizada.

4.5.3 Análise de Operações

São analisados itens de controle da equipe de produção que podem estar relacionados com a produtividade ou com a disponibilidade de GLP: número de dobras médio diário referente a um turno (dobras), número médio de operadores por dia referente a um turno (operadores), percentual médio diário de dobra realizado pela equipe (% dobra), número de anormalidades por dia, o volume processado diariamente, número de operações, e o desempenho da equipe, que inclui os seguintes índices: horas por operador, horas por operação e nível de ociosidade técnica[39] da equipe.

- Número médio de operadores por dia

Como apresentado na Figura 4.11, em termos percentuais foram detectadas as seguintes classes: sem dobra (18,6%), 1 dobra (27,1%), 2 dobras (25,4%), 3 dobras (22,1%), 4 dobras (3,4%) e 5 dobras (3,4%). A equipe (por demanda interna ou da empresa) realizou em torno de 2 dobras, mas considera-se este número elevado para o relógio do corpo humano. O ideal seria haver uma dobra por turno para evitar efeitos de fadiga ou estresse no operador. A média

[39] Inverso de taxa de ocupação para atividades relacionadas à função, sendo número de referência devido às múltiplas variáveis neste caso, por exemplo, disponibilidade de GLP para processamento, disponibilidade de esfera, ou de navio – parte-se da premissa, nesta pesquisa, que a ociosidade não é traço humano.

por turno diária de operadores trabalhando é 4, variando entre no mínimo 3 e alcançando até 4,4 operadores por turno. Embora as dobras acima mencionadas tenham sido programadas com antecipação, a repetição pode levar à fadiga física e à piora da condição cognitiva no desenvolvimento da tarefa.

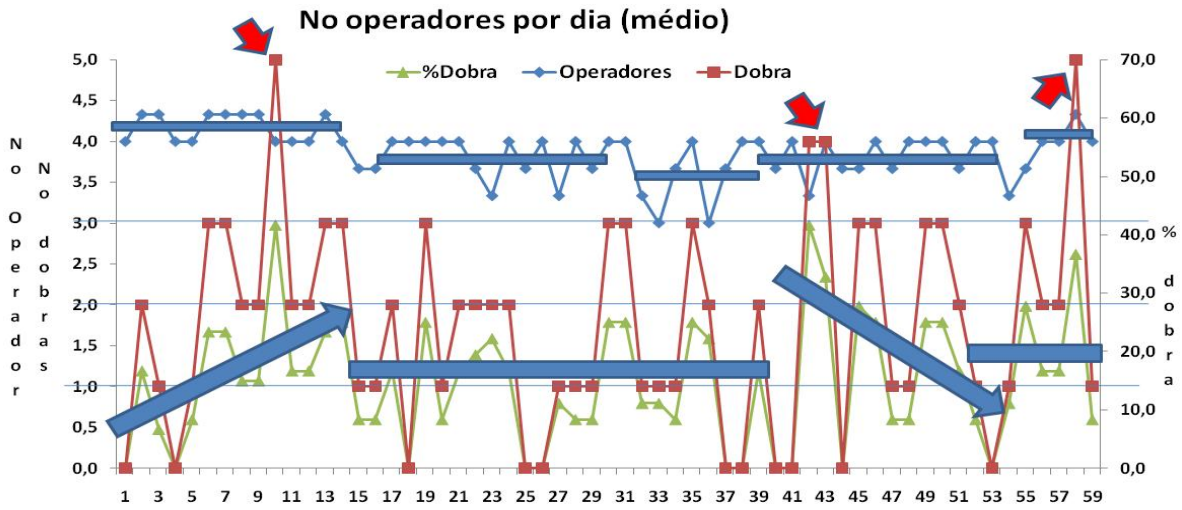


Figura 4.11 - Número de operadores por dia.
Fonte: Autoria própria.

- Soma dos sinais de anormalidade por dia

Baseados na tecnologia e no manual de procedimentos, determinados registros do turno são considerados sinais de anormalidade que precisam ser validados através de testes. A causalidade é testada e validada pela equipe de turno. As anormalidades foram extraídas do livro de ocorrências do turno durante os períodos de janeiro a fevereiro de 2006. Os padrões estabelecidos para diferenciar estado normal de anormal foram sugeridos pelo manual da operação, onde, qualquer sinal de anormalidade é registrado. Sabe-se que, certos sinais embora não sejam considerados anormalidades, podem indicar a sua existência tendo valor na identificação de causa em falha latente. Foi analisada a soma das anormalidades (ou sinais) para indicar eventos por semana ou por dia, além de tendências no período.

O registro de sinais de anormalidades pode ser "falso" se considerar valor absoluto, devido a aspectos de omissões na escrita do relatório. A falta de informações mais detalhadas sobre as anormalidades pode ser considerada como traço cultural e é influenciada pelo perfil gerencial (centralizador ou participativo) e sua aceitação na equipe de turno. A intenção é analisar as tendências indicadas na Figura 4.12 deste indicador podendo viabilizar a análise de traços da

cultura técnica. É interessante que, o problema de corrosão que ocorreu em final de janeiro nesta planta de gases tem menos sinais de anormalidade do que no início do período de análise, indicando que durante período de parada ocorre a diminuição dos sinais de anormalidade quando comparado com a plena operação.

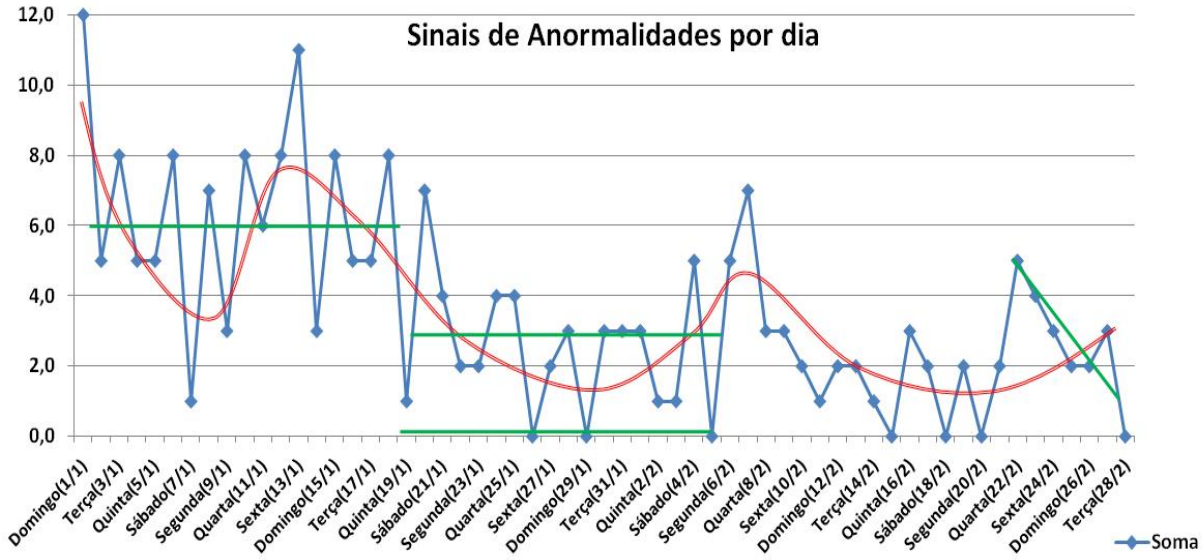


Figura 4.12 - Número de sinais de anormalidade por dia.
Fonte: Autoria própria.

- Volume processado e número de operações

Na Figura 4.13 são analisadas três variáveis nas operações na planta de GLP: volume processado, número de operações (multiplicado por 5 para melhorar visualização), e número de horas de operação. Estas informações correspondem a um somatório e que nem sempre são informadas no relatório de turno, tanto no que diz respeito ao volume, quanto em relação às horas de operação, assim como ao número de operações realizadas no dia.

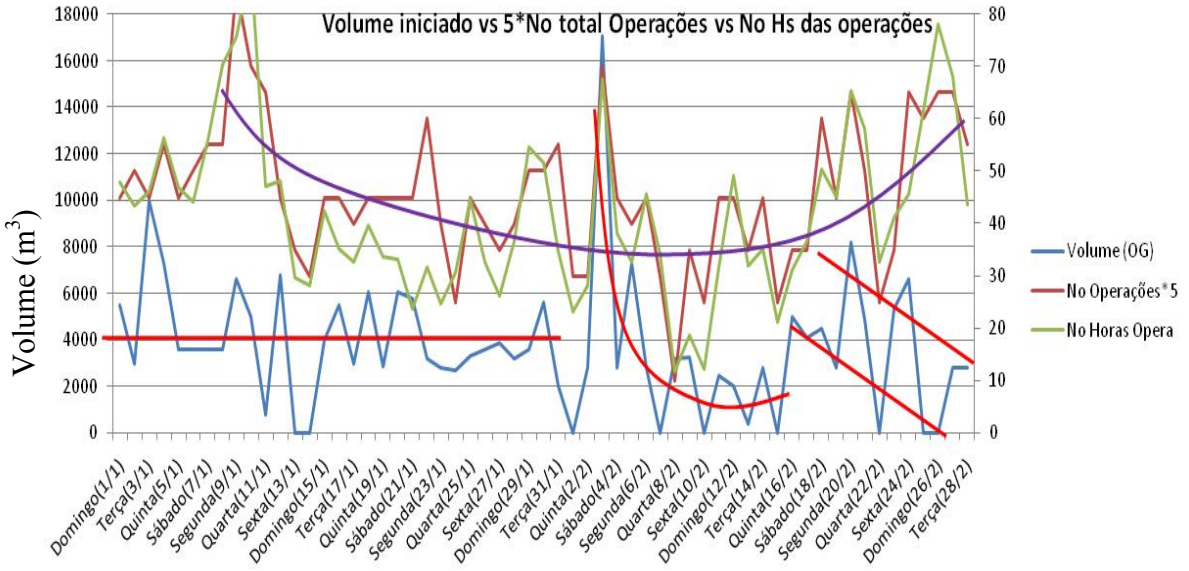


Figura 4.13 - Volume processado, Nº de horas, Nº de operações.
Fonte: Autoria própria.

- Desempenho da equipe: número de horas por operador e por operação

A produtividade da equipe é analisada através da quantidade de horas desenvolvidas para cada operação realizada e da quantidade de horas por operador. Além disso, o número de horas que cada operador gasta em cada operação. A base de dados desta análise é o período do turno (oito horas) e a média é calculada para as atividades diárias. Notam-se semelhanças que indicam correlações entre as variáveis. Aparentemente o número de operadores está abaixo do número de operações, o que sugere a seguinte ordem de grandeza: 4 operadores para 5 a 6 operações, mantendo a relação entre 1,25 e 1,5 operador por operação.

O tipo de operação pode favorecer o desempenho do operador, podendo ser operações simples, ou operações paralelas em modo contínuo, sem interrupções. Os valores médios considerados são: 3 horas por operador na realização de operações, 4,5 horas por operação realizada e 1,2 horas por operador por operação médio diário.

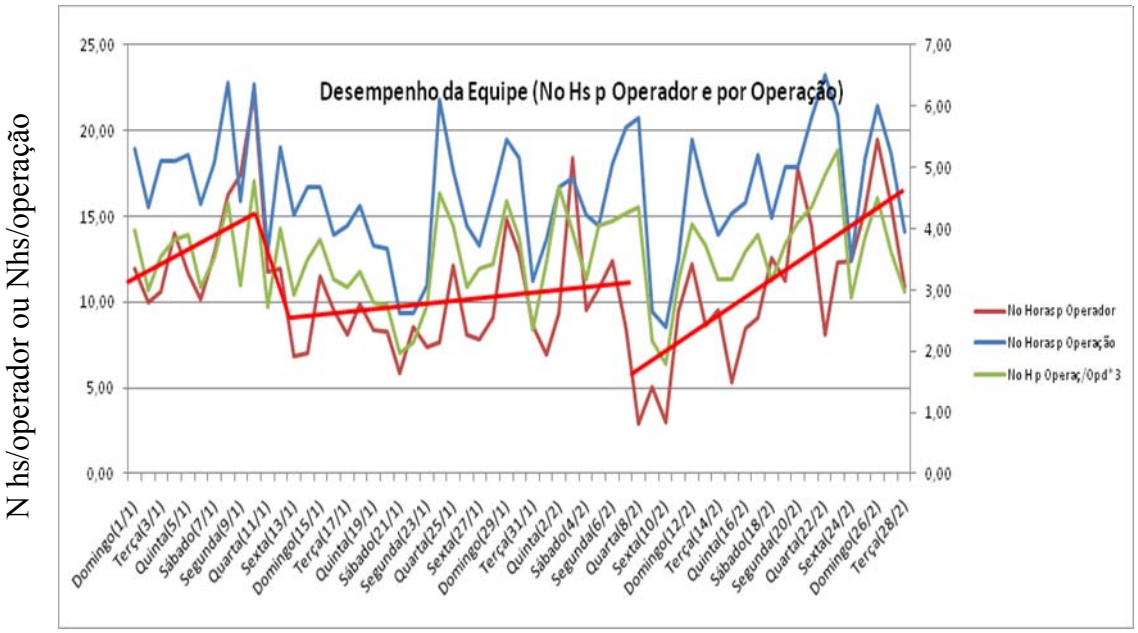


Figura 4.14 - Desempenho da equipe, horas por operador e por operação.
Fonte: Autoria própria.

- Ociosidade técnica por horário e por turma por semana

A premissa adotada é que os dados coletados no livro de ocorrências sejam corretos. Sabe-se pela literatura (HOLLNAGEL, 1993; RASMUSSEN, 1997) que a omissão é causa de erro humano e ocorre na execução da tarefa. Também que, baseado na prática de trabalhos na operação em geral, o livro de turno possui níveis elevados de omissão (traço da cultura técnica em indústrias brasileiras), portanto, as interpretações usadas para a tomada de decisão devem ser analisadas criteriosamente.

Como indicado na Figura 4.15, o percentual (%) de ociosidade técnica é menor no horário da zero hora, variando entre 3 e 30%. Existem variações entre o horário das 7 horas e da zero hora, tendo valores que chegam a alcançar 38% (7 horas), provavelmente a explicação destes números possam estar no reforço da operação para emissão de PT[40].

[40] Permissão de trabalho.

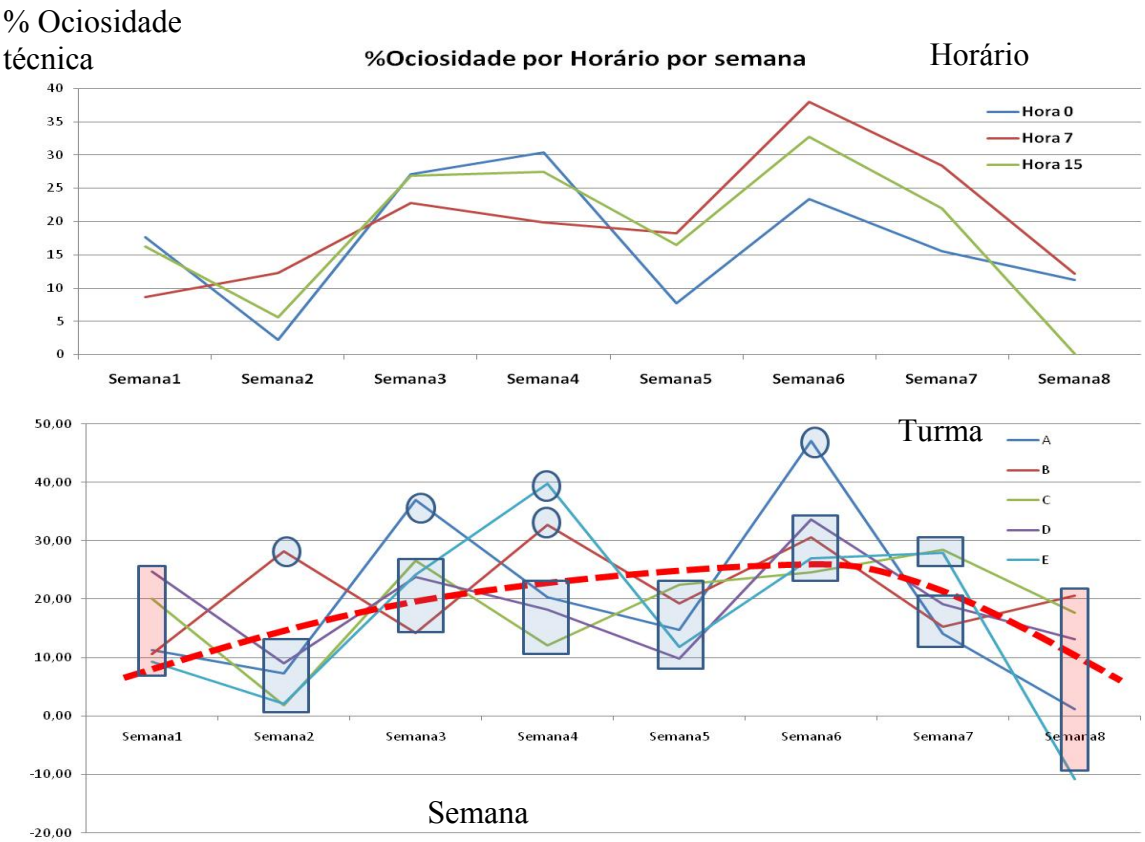


Figura 4.15 - Ociosidade técnica por horário e por turma.
Fonte: Autoria própria.

A turma E teve o menor percentual de ociosidade técnica (16%), indicando a maior capacidade para estar ocupado. A turma B teve o maior percentual médio de ociosidade técnica (21%), tendo dificuldades em estar ocupado no turno. A maior variação da ociosidade técnica está nas turmas A e E, com 15% de desvio padrão. A semana de maior ociosidade técnica foi a 6, e a de menor foi a semana 8. Os grupos que se mantiveram coesos quanto a este percentual foram respectivamente: semana 1 – ABE; 2 – ACDE; 3 – BCDE; 4 – ACD; 5 – ABCDE; 6 – BCDE; 7 – ABD; 8 – BCD. Nesta coesão, a turma que mais se repete é a D, enquanto que as que menos estão presentes, com tendências para baixo, são as turmas A e E.

(Conclusão PCA4/16 – operações) O percentual de dobras pode ser fator importante para indicar propensão ao erro, baixo volume processo e aumento de sinais de anormalidades. Esta soma de sinais de anormalidades trás significados importantes para a análise e atende como indicador de eficiência organizacional, assim como, o volume processado de GLP embora os dados, no livro de ocorrências, tivessem baixa qualidade de informação. O número de horas por operação e por operador indica complexidade da tarefa e empenho de realização, podendo ser indicador de motivação e de competência aplicada na realização da tarefa. Devem-se levar em conta as organizações de reforço no turno para operabilidade da planta, como a presença de operador redundante na emissão de PT.

4.5.4 Análise de Manutenção, Segurança e Ambiental (T4)

Na Figura 4.16, gráfico de pizza de anormalidades por especialidade de manutenção e ocupacional, nota-se que a maioria das anormalidades registradas no livro de ocorrências do turno está relacionada à segurança e à instrumentação.

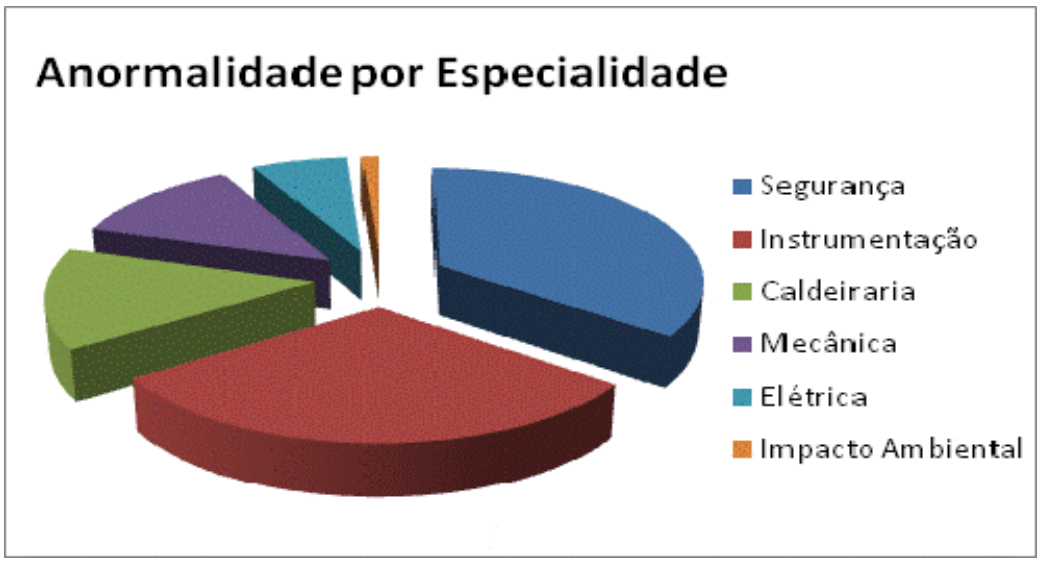


Figura 4.16 - Anormalidade por especialidade de manutenção e SMS.
Fonte: Autoria própria.

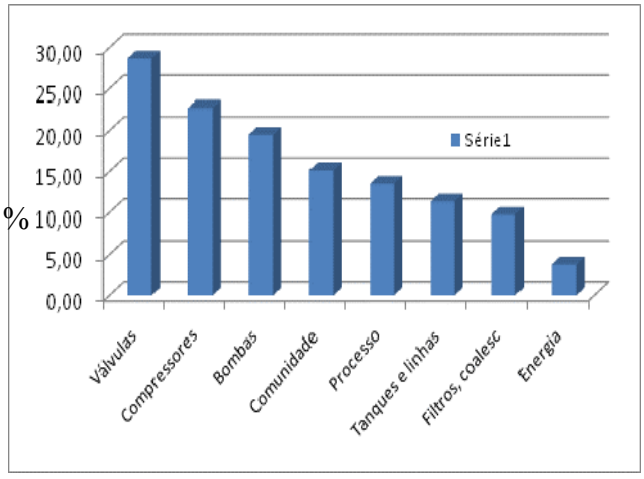
O item de menor impacto numérico passa a ser o de elétrica, seguido de impacto ambiental. Muitas das citações em elétrica são questões gerais, como iluminação e eletrodutos defeituosos. Em relação ao impacto ambiental, pequenos vazamentos com GLP é o mais citado.

Esta indústria de logística envolve gases comprimidos, refrigerados e inflamáveis, portanto; a quantidade de operações com alinhamentos, compressão e ciclo de refrigeração é grande. Em termos gerais, quando se verifica a classificação, notam-se que válvulas, bombas e compressores são os principais responsáveis por citações nas não conformidades discutidas no livro de ocorrências.

É importante comentar sobre os eventos que envolvem a comunidade vizinha. Neste caso, como indicado na Figura 4.17, o peso destes eventos foi multiplicado em 7 vezes, devido a sinais que indicam alto risco, mas que ocorrem poucas vezes. Outra correção de peso foi a

multiplicação por 2, dos eventos que envolvem compressores devido aos riscos com pressão alta na planta de GLP.

O resultado do gráfico de barras na Figura 4.17 indica: ocorrências com válvulas liderando com 28%, inclusive emperradas e sinais invertidos; eventos com os compressores na ordem de 23%; nas bombas, principalmente vazamentos e problemas no acionamento automático dos motores em geral; eventos que envolvem a comunidade, como batida de veículo "fora dos muros da fábrica", fogo no lixo, trânsito de pessoas estranhas no *site* e outros; os eventos relacionando questões de processo estão à frente dos eventos relacionando tanques, linhas, filtros e coalescedor.



TOTAL	185	Peso	Corrigido	%
Válvulas	53	1	53	28,65
Compressores	21	2	42	22,70
Bombas	36	1	36	19,46
Comunidade	4	7	28	15,14
Processo	25	1	25	13,51
Tanques e linh	21	1	21	11,35
Filtros, coalesc	18	1	18	9,73
Energia	7	1	7	3,78

Figura 4.17 - Anormalidade por tipo de evento em equipamentos ou geral..
Fonte: Autoria própria.

Após análises estatísticas escolhe-se para investigar os seguintes itens agrupados: (1º) Válvulas motorizadas, de controle e solenoides; (2º) Filtros e eventos com corrosão; (3º) Bomba de GLP e esferas, além da pressurização de linhas e de sistemas; (4º) Bombas do sistema de incêndio; (5º) Tancagem de GLP Refrigerado; (6º) Secagem e regeneração, incluindo o funcionamento dos fornos e respectivas válvulas solenoides; (7º) Sistema de flash, compressão e bomba do flash; (8º) Sistema de refrigeração, compressão.

(Conclusão PCA5/16 – manutenção) É importante, como já comentado nas anormalidades, incluir eventos que reúnam três blocos e que aparecem aqui na manutenção também: os eventos envolvendo as válvulas (22% das citações); os eventos envolvendo os filtros, coalescedor (11%); e bombas de pressurizado e esfera, que pode estar relacionado à possibilidade de pressão alta.

4.5.5 Análise de Segurança de Processos

O principal fator a ser controlado na unidade de refrigeração é a pressão, de tal modo a evitar inicialmente vazamentos que podem ocasionar incêndios e explosão. Todos os outros fatores se encontram interligados à questão da pressão, como no caso do controle do processo produtivo através de válvulas, linhas e tanques. Pode acontecer de haver redução na carga da unidade se o propano para refrigeração proveniente do próprio GLP também apresentar um teor de etano; assim, os compressores não condensam todo o GLP, tendo ainda perda de material para a tocha. A presença de gases como derivados de mercaptanas (R_2S_2) junto com o GLP, facilita a ocorrência de corrosão. A presença de hidratos, de restos provenientes da peneira molecular, e a presença de materiais oriundos de corrosão dificultam a operação das válvulas motorizadas e das válvulas solenoides, mobilizando operações em válvulas alternativas no campo. A resultante de todos estes eventos pode gerar descontrole de pressão o que, prejudica o sistema de refrigeração, flash, afetando o desempenho dos compressores.

O controle do forno depende do funcionamento das válvulas solenoides, as quais podem estar prejudicadas por mistura inadequada, gerando fuligem ou oscilações da qualidade do GLP, quanto à presença de água, e dificuldades na condensação desta água, reenviando-a de volta para a coluna de peneira molecular (FF) provocando a sua saturação mesmo após a regeneração.

Os eventos com eletrodutos podem indicar erro de manutenção ou comportamento indevido, com riscos para a ocorrência de faísca em área de gás inflamável. Pela lei do menor esforço, atividades adicionais são evitadas, piorando assim o padrão da operação. Enquanto isso, alguns eventos anormais podem ser resultantes da interação com a comunidade vizinha, como o acidente provocado sobre o veículo da empresa, ou ainda fogo ateado em lixo próximo à tubulação de gás. Estes eventos exigem “leitura da falha latente”, e cuidados quanto a não aceitação pela comunidade da inserção deste processamento.

Para finalizar nota-se que, apesar da importância do píer e da quantidade de operações realizadas e riscos de descontrole de pressão, no caso de carregamento de GLP não existem muitos eventos registrados. É importante analisar se o acompanhamento para estas operações

é satisfatório, com os respectivos *checklists*, isto pelo risco potencial de elevado volume de gás combustível.

Na análise dos equipamentos relacionados às questões de segurança, como indicado na Figura 4.18, muitos eventos envolvendo vasos, tanques e equipamentos, como o forno. Grande parte destes equipamentos é protegida por PSVs. Em observação constatou-se que os operadores (aparentemente) evitaram transitar próximo aos tanques, principalmente próximo às esferas. Em outras plantas industriais de processamento de ácido sulfúrico, os operadores se sentiam inibidos para a atuação no campo devido aos riscos de acidente por queimadura. Assim, é importante analisar este indicativo de comportamento que pode estar refletindo em falta de drenagens de água nas esferas.

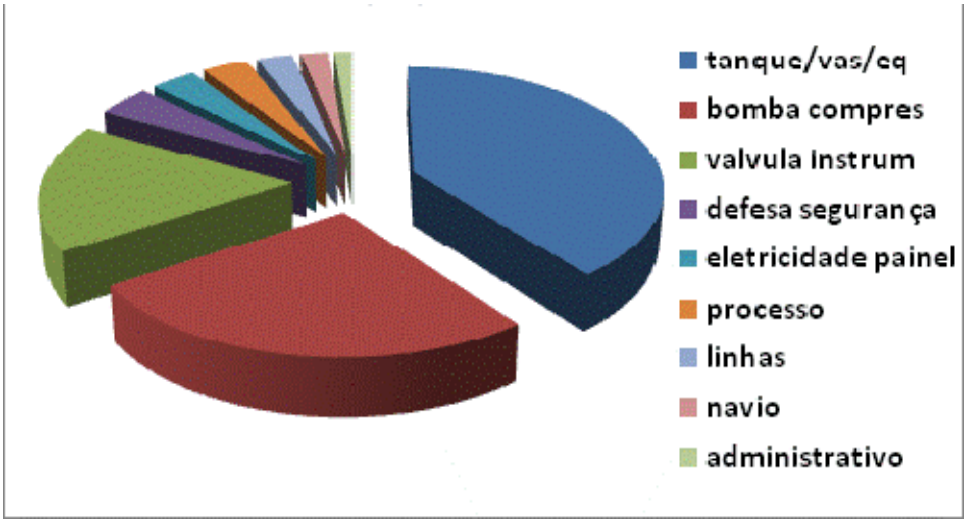


Figura 4.18 – Equipamentos e funções.
Fonte: Autoria própria.

Registros de SMS (PA14)

O registro de incidentes, desvios e acidentes é analisado neste momento incorporando certos aspectos já discutidos no comportamento da tecnologia (ou tipo técnico). Os temas destas não conformidades são diversos, envolvendo aspectos ligados a sistemas técnicos, como funcionamento de equipamentos e instrumentos, podendo levar a curto-circuito, a vazamentos ou a acidentes. São analisados alguns aspectos comportamentais do corpo de trabalho em

relação à segurança e da própria comunidade que, por ser vizinha, é ativa na convivência com a empresa.

Os aspectos técnicos podem ser originados a partir de problemas de processo (qualidade de GLP), da forma de operar e de organizar o turno, além de erros da manutenção na entrega destes sistemas técnicos.

Um fator importante que se repetiu nos eventos registrados e investigados no SMS foram as falhas de comunicação do supervisório por eventos físicos, corte de fibra ótica ou problemas de lógica, afetando o *loop* de válvulas no campo.

Pelo grau de impacto nota-se que 32,5% dos casos possuem grau maior, indicando alta criticidade dos sistemas de processamento de gás que podem ser aumentados se forem considerados somente eventos ligados ao processo. Pela análise da equipe técnica, acima de 80% dos casos analisados são reais, e não hipóteses, contra menos de 20% que foi levantado sem comprovação; pelos indicativos de anormalidades do processo, sabe-se que a situação real seria invertida (com 80% de hipóteses), levando-se a crer que os registros não analisam falhas latentes, e sim falhas reais após acontecerem, ou fatores muito visíveis. Para corroborar as afirmações anteriores, os eventos têm alto percentual de repetição, acima de 40%, indicando que a causa raiz não foi resolvida.

Como apresentado na Figura 4.19, os eventos gerais envolvem toda a área de processos e compõe 18,8% do total de eventos com aspectos prediais, sanitários, amostragem, identificações e alocação de resíduos na planta como um todo. O item comunicação está com 16,3%, devido à perda de sinal repentino por questões lógicas, de dispositivos de contato ou até físicas, como o corte de fibra ótica. Na área de refrigerado estão 13,8% dos casos citados para perdas por vazamento ou envio para tocha. Eventos envolvendo o píer têm 11,3% dos casos relatados. Em seguida, estão os assuntos relacionados à pessoal com 10%, indicando reforço em treinamento e maior compromisso com a segurança da rotina. A comunidade, ou eventos que envolvam interação com a comunidade local, estão em torno 7,5%. Os eventos elétricos, como curto-circuito e eventos com motores elétricos estão em 6,3% dos casos.

As instalações foram citadas de forma geral nos incidentes registrados pelo SMS, indicando que necessita de reparo. O mesmo pode-se afirmar em relação aos problemas reincidentes que

ocorrem na comunicação com o supervisório e os sistemas de interligação. Muitos cabos de fibra ótica foram roubados em conjunto com cabos elétricos, indicando comportamento inadequado da comunidade.

Figura 4.19 - Investigação dos incidentes e acidentes registrados.
Fonte: Autoria própria.

A partir das estatísticas, as prioridades principais estão em: instrumentos/supervisório, tratar vazamentos, preocupação com pessoas, problemas elétricos, inclusive curtos-circuitos (manutenção ou operação inadequadas), infraestrutura que precisa de investimentos em hidráulica e civil, cuidados quanto à presença de resíduos dentro do processo, cuidados em relação a rotativos, e relações com a comunidade.

(Conclusão PCA6/16 – segurança de processos) Neste item foi reafirmada a importância de analisar pressão alta no sistema. Eventos com o sistema de incêndio e de intertravamento do forno podem ser indicadores que levem a falha de segurança de processo na predição, portanto, as falhas em teste devem ser incluídas. Nos registros de SMS chama-se a atenção para eventos com curto e eventos relacionados à comunicação para controle de processos.

4.6 APLICAÇÃO DA ANÁLISE DA TAREFA E RESULTADOS (PA1/2/3)

O propósito desta análise aplicada é validar as técnicas desenvolvidas na pesquisa e identificadas na literatura para estudo da origem da falha na execução e planejamento da tarefa.

As técnicas apresentadas no item 4.2 são aplicadas para o caso de processamento com GLP, tanto na situação de rotina quanto na situação emergencial. A prioridade na escolha da área para aplicação destas técnicas levou em conta os seguintes critérios: temperatura elevada e processamento de altas vazões de GLP; possibilidades de falha no sistema de segurança, dado o resultado dos testes antes da partida; presença de hidratos no resfriamento o que prejudica os processos; riscos prováveis de problemas operacionais, embora o volume acumulado seja menor do que na esfera ou no tanque refrigerado; e histórico de eventos em segurança na área dos fornos.

Em função disso, a área de regeneração foi escolhida para análise e, como o início da regeneração depende da operação de secagem, esta tarefa também é descrita para discussão.

4.6.1 Rotina

A tarefa de regeneração é intermitente e só é acionada quando ao menos uma coluna se encontra saturada após certo tempo de secagem, e as colunas de peneira molecular dependem da quantidade de umidade que entra no processo com o GLP do refino.

A heurística de decisão é a verificação através de entrevistas, levantamentos de campo como acontece à tomada de decisão e quais os parâmetros importantes para acompanhamento da tarefa. No caso atual, a Tarefa 3 é resumida da seguinte forma: Decisão 1 – no planejamento de manutenção realizar testes antecipados sobre controles automáticos para colocar a regeneração para operar; Decisão 2 – com a constatação de que a torre está saturada, é chegado o momento de iniciar a regeneração, tendo disponível outra torre não saturada para operar, providenciar os alinhamentos; Decisão 3 – circular, aquecer e resfriar o GLP no circuito do processo, esta decisão depende da temperatura e da presença de água na bota do

vaso separador; Decisão 4 – após confirmar que toda a água foi retirada da bota do separador, redução de temperatura até desligar o forno e desativar a secagem.

4.6.1.1 Análise do Projeto de tarefa (PA1)

(A1) Arquitetura da tarefa

Nesta etapa tem-se a arquitetura da tarefa (Figura 4.20) e explicações de como organizar o Manual de Boas Práticas seguindo recomendações de Embrey (2000) e Wreathall (2007). Por uma questão de segurança, são planejadas as etapas de purga com nitrogênio (Tarefa 1), o controle das utilidades e segurança da Unidade (Tarefa 12). Em seguida tem-se a transferência de gases liquefeitos da unidade de refino para as esferas da empresa (Tarefa 4). O GLP já armazenado na esfera inicia a purificação, ou seja, a remoção de água (peneira molecular e adsorção), de sólidos e a retirada de etano na refrigeração (Tarefa 2). Com a saturação da umidade nas torres de peneira molecular, há a necessidade de regenerar as colunas através de desorção com GLP quente (circulação através de forno) e resfriando para promover a condensação e posterior drenagem da água (Tarefa 3). Para manter os controles de processo e de segurança, é essencial: controlar a tocha e o forno com vazão e pressão de gás combustível; também é importante a disponibilidade de álcool para a remoção rápida de hidratos (Tarefa 5).

Ao receber GLP no tanque refrigerado existem controles de pressão e temperatura a serem mantidos e cuidados na operação da bomba de transferência; assim, controles automáticos são importantes nesta etapa (Tarefa 8). O controle de vaporização é realizada através dos compressores de *boiloff* (Tarefa 9), no tanque de refrigerado, e está relacionada a entrada de calor por insolação. Outros motivos de entrada de calor exigem uma capacidade de compressão maior através do flash (Tarefa 10). O ciclo térmico mantido na refrigeração é responsável pelas baixas temperaturas e pela condensação do GLP (Tarefa 11). Finalmente a carga e descarga no píer de navios pressurizados, semipressurizados e refrigerados (Tarefas 6, 7, 14, 15, 16).

A tarefa detalhada de secagem e regeneração precisa de seis procedimentos específicos onde existe uma ordem lógica de realização. A partida da secagem, considerando que a planta está disponível para operação e não inertizada (Procedimento 1); depois a decisão de regenerar e

preparativos para que aconteça (Procedimento 2); a partida do forno e o controle de processo (Procedimento 3); a manutenção da regeneração operando (Procedimento 4); a decisão de parada de aquecimento do GLP através do forno, da parada de drenagem de água, do resfriamento dos sistemas de regeneração, e da disponibilidade da torre para a operação (Procedimento 5); e finalmente como parar a planta de processamento de GLP (Procedimento 6).

O procedimento 1, de partida, requer etapas sequenciais e não paralelas. Os procedimentos 2, 3 e 5 possuem etapas sequenciais e paralelas, indicando o início de complexidade. Já os procedimentos 4 e 6 são completamente paralelos, exigindo controle e comunicação elevados, para evitar a tomada de ação indevida.

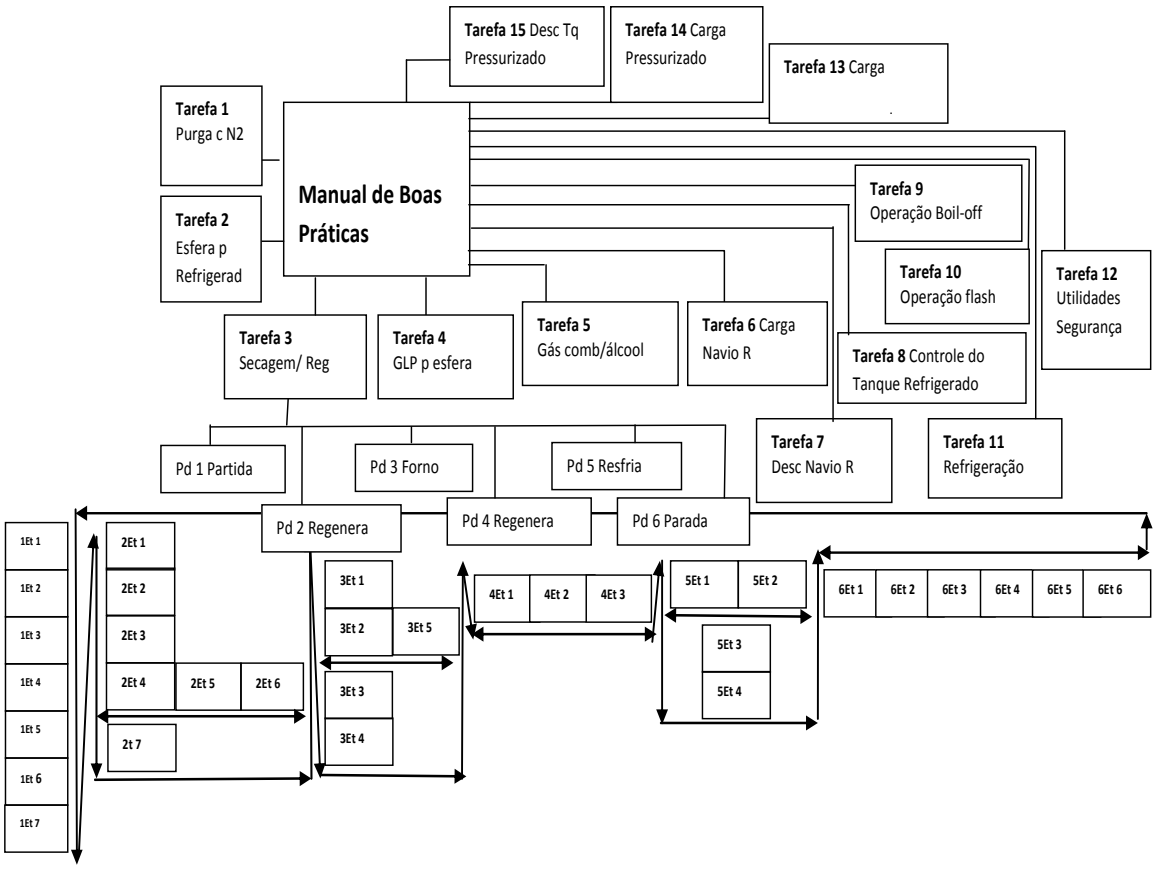


Figura 4.20 - Arquitetura das tarefas, com secagem e regeneração.
Fonte: Autoria própria.

(A2) Projeto da Tarefa

A aplicação da análise do projeto da tarefa se dá no preenchimento da planilha, relacionada no Quadro 3.2. Esta análise permite a revisão de necessidades de requisito ou de autorizações, como indicado no Quadro 4.1.

Objetivo	Remover a umidade do processo para evitar formação de hidratos		
Estado Meta	GLP sem umidade residual antes da refrigeração		
Requisito Geral	Torre totalmente seca após a regeneração e disponível para a operação quando solicitada		
Risco Geral	Torre saturada retornando umidade p operação podendo contribuir para obstruções em Válvulas (PV3170), saída do EA-104 e hidratos no fundo do Tanque.		
Requisito específico1	Disponibilidade e qualidade GLP Esfera alinhada Drenagem da esfera	Torre saturada indicado pelo volume processado ou pela presença de hidratos Torre reserva regenerada e disponível Forno disponível, testado e ligado.	Acima da vazão mínima (400) Piloto aceso Dumper aberto Pressões do gás combustível Válvula solenoide princ. Ab.
Requisito específico2	Válvulas Motorizadas operando, sistema deve estar pressurizado Sistemas de Segurança disponíveis Utilidades disponíveis (sempre)	GLP disponível (esfera cheia); Ter uma esfera disponível; Começar pelo dia; GA102 disponíveis; Início de Secagem e refrigeração em operação.	Controladoras de temperatura disponíveis Teste de malha
Procedimento	**1) Partida – secagem**	**2 Preparação para regeneração**	**3 Operação do forno**
Etapa 1	Partir as bombas BA	Alinhar a torre disponível BA	Ligar o forno, acender queimador.
Etapa 2	Enchimento da torre cuidadosa, P cte, com alarme de nível BA.	Isolar a torre a ser regenerada BA	Acompanhar aquecimento gradual (30oC/ hora)
Etapa 3	Alinha saída (HVs), iniciada transferência BA.	Estabelecer a drenagem e equalizar com FA102 BA	Ao atingir 60oC alinhar para a torre a ser regenerada (v motorizadas)
Etapa 4	Entrar com compressores de flash PD	Direcionar e alinhar para esfera ou para secagem (dreno) BA	Fechar válvula de recirculação
Etapa 5	Alinhar PV3170, restringida BA	Alinhar GLP seco para serpentina do forno (só acende depois de estabelecer vazão) BA	Acompanhar aquecimento do leito
Etapa 6	Partida do Sistema de Refrigeração PD	Estabelecer a recirculação GLP forno, trocadores, fa102, secagem, forno BA.	
Etapa 7	Estabelecer condições normais, P e Vazão (drenagens coalescedor) V.	Fechar a válvula de bypass dos trocadores; Acender o piloto BA.	
Estado Meta	GLP seco e refrigerado	Estabelecer a recirculação	Forno operando
Barreira (salva-guarda)	PSVs e tocha, detectores de vazamentos.	PSVs e tocha, detectores de vazamento.	Intertravamentos
Aplicação	Torres, linhas, trocadores, filtros, coalescedor.	Torre, FA102, Forno, trocadores.	Forno, queimador, torre, linhas.
Cuidados	Dependendo da presença de etano pode limitar a carga	NA	Limite de aquecimento da serpentina, pressão de combustível, gradiente de T.
Alinhamentos	Passagem GLP pelas torres, trocadores e é manual.	Manuais, CONTROLE remoto ou automático.	Combustível, Forno, gases exaustos; Processo.
Controle Automático	Nenhum	Vazão	Temperatura (fora) e Vazão (fora)
Instru. M./ Cont	Alarme de DP nos filtros	Temperatura e Vazão	Controle de P, T e Vazão.
Controles Manuais	Rotina de drenagem nos coalescedores e manter pressão e vazão conforme padrão	HVs e gavetas no alinhamento	Alinhamentos e exaustão
Risco	Hidratos, vazamentos GLP.	Pressurizar, vazar, fogo e explosão; Não remover umidade.	Queima inadequada, não queima.
Autorização1	Vazão contínua conforme padrão	Recirculação estabelecida	Pressão, dumper etc, dito.
Autorização2	Acompanhar umidade e saturação pela presença de hidratos na secagem e no flash (volume padrão a ser processado)		

Quadro 4.1 - Análise da Tarefa 3: Secagem e Regeneração, 1-3.
Fonte: Autoria própria.

(A3) Análise de dominância em fatores organizacionais e paralelismo

No caso específico de empresa de processamento de GLP, considera-se a análise de dominância no item de segurança. Outro aspecto a ser analisado é quanto às etapas do procedimento são sequenciais ou paralelas, envolvendo necessidades de comunicação entre postos de trabalho diferentes. Para cada etapa da tarefa referente à secagem e regeneração foi feita análise de dominância em temos de segurança, sequência das atividades, paralelismo e ideia visual quanto à carga cognitiva e física da tarefa.

Um exemplo de aplicação desta técnica é apresentado no Apêndice G, Figura G.1 para o caso de atividade da tarefa de secagem e refrigeração.

(A4) Análise de esforço físico e cognitivo baseado na complexidade da tarefa

Nesta análise vale à pena comentar que para diminuir esforços físicos e cognitivos a automação é um fator importante, embora quanto mais automatizado esteja o processo, mais complexo fica seu controle e maior a atenção na coleta de dados no supervisório.

A dominância na atenção indica que podem ser esquecidas etapas não tão importantes à revelia daquela que indica problemas ou que tenha a preferência do operador. Assim, requer cuidados quando existe alta dominância neste aspecto.

Muitos sistemas auxiliares requerem cuidados maiores, aumentando as possibilidades de eventos não visíveis na operação e que ocorrem em paralelo com as atividades principais. Assim, é importante verificar que a salvaguarda pode ser implantada em termos de baixa concentração de atividades principais.

A utilização de procedimentos oficiais indica que os operadores procuram segui-los na prática. Mas, caso não haja flexibilidade quando ocorrem sistemas complexos, isto pode levar a falhas na operação. Na Tabela 4.1 é apresentada a análise do procedimento 2 de preparação para regeneração:

Tabela 4.1 - Análise de complexidade - Procedimento 2 - Preparação para regeneração.

Etapa	Esforço Físico	Esforço Cognitivo	Complexidade da tarefa			
			Auto/M	Dom/=	Pri/Aux	Ofi/alt
Alinhar a torre disponível BA	1	0	0	0	100	100
Isolar a torre a ser regenerada BA	1	0	10	0	100	100
Estabelecer a drenagem e equalizar com vaso BA	1	1	0	10	100	100
Direcionar e alinhar para esfera ou para secagem (dreno) BA	1	1	0	0	100	100
Alinhar GLP seco para serpentina do forno (só acende depois de estabelecer vazão) BA	1	1	0	0	100	100
Estabelecer a recirculação GLP forno, trocadores, fa102, secagem BA	2	1	0	0	90	100
Fechar a válvula de by-pass dos trocadores	1	0	0	0	100	100
Acender o piloto, alinhamentos de N2 BA	1	1	100	30	50	100
MÉDIA			**13**	**5**	**92**	**100**

Fonte: Autoria própria.

Comentários:

- As médias encontradas são: baixo nível de automação (13%), baixa dominância de atenção (5%), alto uso de sistemas principais (92%), segue procedimentos escritos (100%).
- Nível de automação muito baixo com o esforço físico e cognitivo baixos também;
- Este é um procedimento de baixa complexidade, esforço de atenção não tão forte para certa atividade desviando de outras, uso de sistemas principais e as atividades são cumpridas praticamente na forma em que estão escritas.

(A5) Análise das etapas da tarefa por tipo e local

As atividades de busca e ação são mecânicas e requerem cuidados para evitar erros de deslize ou pular etapas. Na busca e ação existe o foco de ir direto para determinado local realizar certa atividade. As atividades de vigilância requerem atenção redobrada e percepção aguçada para identificar situações de anormalidades. Por outro lado, as atividades de planejamento e ação requerem certa atenção quanto à ativação de conhecimentos de longo prazo para auxiliar na tomada de decisão.

No exemplo do procedimento 1, para a partida e manutenção da secagem, são feitas as seguintes considerações: em relação ao local físico, a partida é realizada em três locais

diferentes, exigindo deslocamento e rapidez, característica nem sempre disponível no turno; a maior parte das atividades se dá próximo às torres de secagem; o nível de automação é considerado baixo, sendo necessário revisar o nível de automação; o deslocamento se dá da seguinte forma de 1 (pressurizado) para 2, 3, 4 (na secagem) e daí para 5 (no trombone) e finalizando no 6, 7 (de novo na secagem).

Em relação ao tipo de etapa, as atividades são distribuídas neste procedimento, onde mais de 50% na busca e ação que simplifica o esforço cognitivo e aumenta o esforço físico. Por outro lado, 30 % das atividades requerem planejamento e tomada de decisão, indicando a necessidade de maior cooperatividade e maior assertividade nas ações. Somente 15% das atividades são na linha de vigilância com maior senso de percepção, verificar necessidade de ferramentas auxiliares para perceber anormalidades. As etapas 1, 2, 3 são de busca e ação, a ação 4 requer planejamento e decisão, em seguida são realizadas na etapa 5 atividades de busca e ação, e de novo retornando para o planejamento na etapa 6. Na etapa 7 conclui-se o procedimento com atividade de vigilância.

(Conclusão PCA7/16 – análise da tarefa) As técnicas identificadas nesta etapa de projeto vão auxiliar na escolha de ações preventivas para melhorar a posição da variável artificial resultante dos agrupamentos de variáveis no que se refere à tarefa: esforço cognitivo (respeitar a oferta da equipe), dominância em segurança, paralelismo e complexidade da tarefa, além da necessidade de alterações no perfil para finalizar as atividades de campo dentro de certa flexibilidade (boas prática e competências em processos de falha).

4.6.1.2 Análise da Falha de tarefa (PA2)

A tarefa padrão

Nas tarefas diversas relacionadas ao processo de GLP abrem-se discussões relacionadas à qualidade, rendimento de operações, riscos de segurança e controle de pressão em sistemas refrigerados.

A qualidade do GLP entrante influencia no rendimento das operações e depende da programação de recebimento da fornecedora. A qualidade de GLP produto, resultado do processamento de gases, tem a densidade como item de controle e após a aprovação envio

posterior para o navio. A densidade do GLP refrigerado depende das condições de temperatura e pressão e afeta a vazão de carregamento do navio.

O rendimento para remoção de impurezas depende de equipamentos e processos assim, a filtragem remove sólido, as operações de separação com drenagem e de secagem removem a água e a umidade. Em casos mais específicos, a presença de corrosão provocada por matéria-prima fora de especificação gera sólido e requerem isolamento de sistemas e retorno de material para o fornecedor.

A secagem do GLP e sua regeneração com a operação de forno requer cuidados quanto à segurança e a refrigeração para temperaturas baixas do GLP utilizando ciclos térmicos é necessária para manter o controle do GLP refrigerado no tanque viabilizando seu transporte e estocagem em tanque e navio.

(B1) Fenomenologia da falha na tarefa e definição do volume de controle

Os “corpos da falha” descritos nos Quadro 4.2, viajam nos equipamentos de processo e tomam as seguintes formas: a presença de umidade e de ar no armazenamento de GLP pressurizado e de GLP para queima; os sólidos resultantes de fuligem (na queima) e o fluxo de GLP (processo) no aquecimento do leito através do forno; presença de gelo e hidratos no resfriamento e separação da água do GLP aquecido; e o controle da pressão dos tanques que, em momentos específicos, pode limitar as vazões de secagem.

O estudo de fenomenologia é restrito às operações de secagem e regeneração tendo o volume de controle e a circulação do corpo da falha restrito aos equipamentos relacionados a estas operações.

Corpo	Corpo no processo	Descrição
Sólido	Sólido no forno (V2)	Afetando a foto-célula que detecta a chama em sistema de intertravamento. Existem as seguintes possibilidades: fuligem devido à queima incompleta e material residual de refratário. Deve-se considerar a existência de sólidos vindo da esfera para o fa117, mas pouco provável pelo ponto onde é coletado o GLP na esfera.
	Sólido na válvula de nível (V3)	Originado na torre de secagem (finos) e hidratos, levando a dificuldades de fluxo e pressão.
Água, umidade e Hidrato	Umidade em excesso no GLP (V4)	Torres operam já semissaturadas com umidade
	Água no dreno da bota (V3)	Dificuldades de controle de drenagem da água fazem com que a água retorne para a torre
	Hidrato na refrigeração (V3)	Umidade recirculando faz aparecer hidrato, que prejudica o controle de pressão e de fluxo
Fluxo e pressão GLP processo (V2, V3)	O ideal é que vazão de GLP da serpentina do forno entrando no resfriamento = vazão de GLP saindo de vasos (com pressão suficiente). Se ocorrer descontrole desta vazão, ou transborda vaso ou cavita bomba. Sobreaquecimento localizado do GLP devido à "parada" momentânea de circulação se estiver muito quente pode acontecer a ignição espontânea.	
Fluxo e pressão do GLP na queima (V2, V5)	Vazão de GLP no forno, pressão suficiente e sistema de intertravamento funcionando. Do GLP para fogo, e daí, com serpentina fragilizada, parada de circulação interna, excesso de GLP devido à parada de chama, e presença de GLP com ar, leva a vazamento de GLP para atmosfera. O fogo pode ser originado externamente, provocando explosão e por algum motivo de falha no intertravamento, o piloto foi ligado provocando a explosão. A serpentina fragilizada se abre e provoca fogo em equipamentos, tubulação e na atmosfera.	

Quadro 4.2 - Corpo da tarefa e fenomenologia da falha na regeneração.
Fonte: Autoria própria.

Os volumes de controle físicos para estudar o fenômeno da falha na regeneração e secagem estão indicados na Figura 4.21. Cada processo envolvendo a viagem do corpo da falha está incluído em um ou mais volumes de controle. Assim, o circuito do forno que começa na esfera (V1), passa pelo coalescedor, em seguida vai para a coluna de secagem que opera (V4), passa pelo forno para aquecer (V2), pela coluna saturada (V4) para remover a umidade e daí para o resfriamento, a separação e drenagem da água retornando e fechando o ciclo para o coalescedor na entrada ou para a própria esfera.

Em outro processo, o circuito de queima no forno onde, sai da esfera (V1) para alimentar o vaso fa117 (V5), e daí segue para a queima no forno (V2) e então para a atmosfera. Pode eventualmente haver pressão alta e enviar o GLP do fa117 para a tocha. A possibilidade de explosão da serpentina (V4) ocorre devido ao GLP contaminado com ar vindo de esfera (V1) contaminada após manutenção, provoca a explosão do forno (V4) e daí, por canal de fogo, "em efeito dominó" para os vasos fa117, 118 e 102.

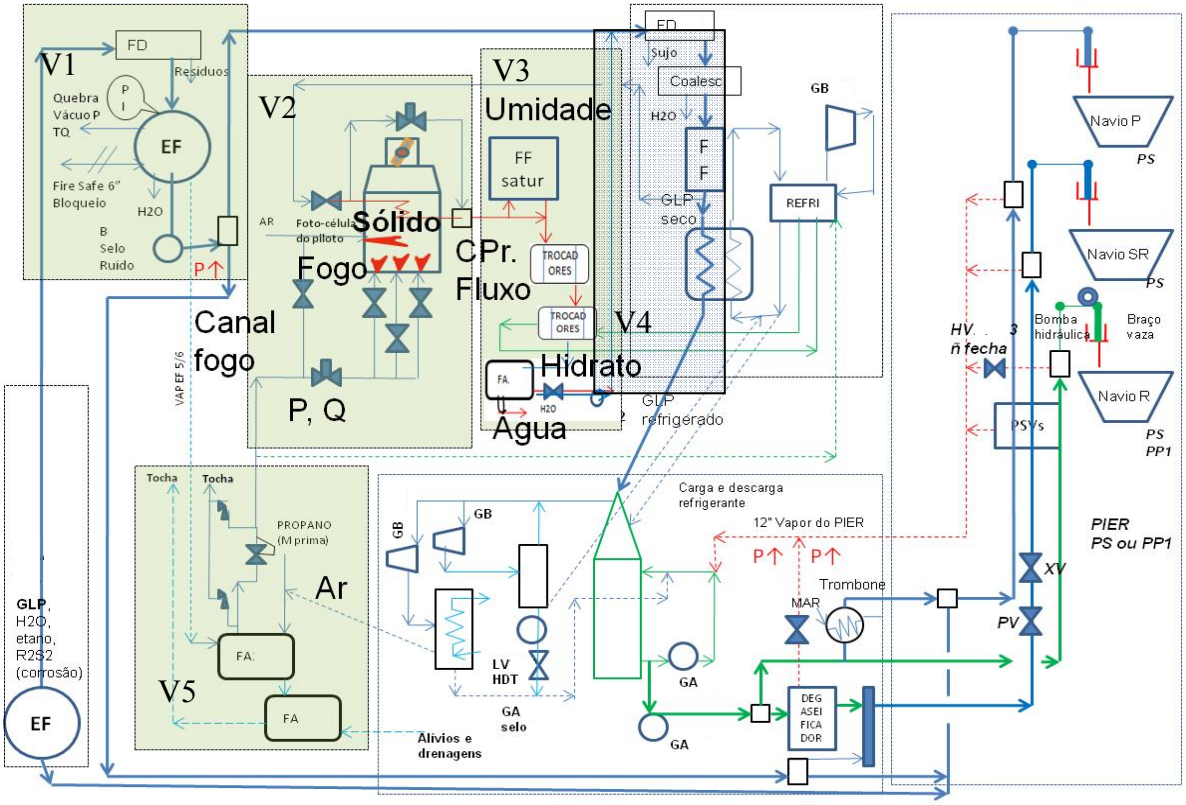


Figura 4.21 - Corpo da falha volume de controle para estudo.
Fonte: Autoria própria.

(B2) Análise lógica da tarefa por tipo de fator e por dimensão sócio técnico.

Na análise lógica da tarefa, como já comentado anteriormente, busca-se definir o nexo causal indicando prováveis causas, os fatores operacionais intermediários, as consequências e a interligação entre cadeias de anormalidades diferentes através de fatores comuns. Nesta análise busca-se também definir as regiões de instalação de barreiras para evitar que os fatores da falha continuem a trabalhar, gerando grandes incidentes ou acidentes. No caso atual, a análise refere-se às cadeias relacionadas com a tarefa de secagem e de regeneração. As anormalidades analisadas fazem parte da investigação já realizada, onde neste momento o diagrama lógico e outras ferramentas são usados para mitigar ou eliminar a falha. Nota-se que algumas das falhas têm sua origem nas questões organizacionais. Na construção de diagrama para analisar as falhas na secagem e regeneração seguiram-se as regras citadas no Quadro 4.3.

Na Figura 4.22, os fatores encontram-se codificados, facilitando a visualização das relações e sua interpretação. A fadiga do homem resultante da realização de excesso de serviços manuais, com riscos elevados de estar trabalhando com GLP, acaba retornando e realimentando as anormalidades. As consequências se resumem a perda de produtividade (ou de tempo) no caso

de paradas consecutivas, devido a interrupções do forno e em evento de maior impacto, a explosão do forno com atmosfera interna rica em GLP e o acendimento do forno. Se através de ações preventivas forem isolados os processos de falha em: 1Fn4, 7F3, 78nBp, 9/10mB, 23C1, simplesmente desativa-se os seis eventos supracitados, ao mesmo tempo.

Cada cor representa uma origem de falha diferenciada	C indica causa, Q consequência, F indica fator operacional.
O número à esquerda é o número do nexo causal e o número à direita é o número de ordem do fator operacional	As barreiras para o não acontecimento da falha operacional estão no centro com cor única
n simboliza em rede, recebendo ou enviando energia da falha de mais de um fator operacional	B significa barreira de segurança ou de falha, R é redundância, p é primário, s é secundário e t é terciário, faixa de número (exemplo 1-7) significa que recebe energia de fatores ligados a vários nexos causais.

Quadro 4.3 - Regras para simbologia na análise de falha na tarefa.
Fonte: Autoria própria.

Na Figura 4.23, dividem-se os fatores causais por dimensão e localização, em relação às fases da falha operacional. Nota-se que na fase inercial (com baixa visualização) se encontram os seguintes fatores: 1Fn4 (não permite acender piloto), 7F3 (temperatura de processo muito alta) e 23C1 (manutenção indevida). Nota-se que na fase de desenvolvimento localiza-se o fator 78nBp (controle de vazão inadequado) e na fase de risco o fator operacional 9/10mB (passar água para secagem ou esfera). Quanto à dimensão destes fatores operacionais, tem-se que: 1Fn4, 7F3, 78nBp e 9/10mB são fatores técnicos, enquanto que 23C1 é um fator relacionado à tarefa.

As causas raízes são assim descritas: contrato de manutenção, compromisso com a tarefa, operação e manutenção indevidas, não funcionamento de instrumentos no fa102, Cv inadequado de válvulas de controle desde o projeto (requerendo estudos sobre os motivos), oscilação de carga na refrigeração, fadiga de operadores e técnicos de manutenção (estas também são consequência final que retornam como causa primeira).

Nas falhas relacionadas à secagem e regeneração no Apêndice I, no Quadro I.1 são descritos os eventos envolvidos, a consequência final, a causa raiz, a ação corretiva e a ação preventiva relacionada.

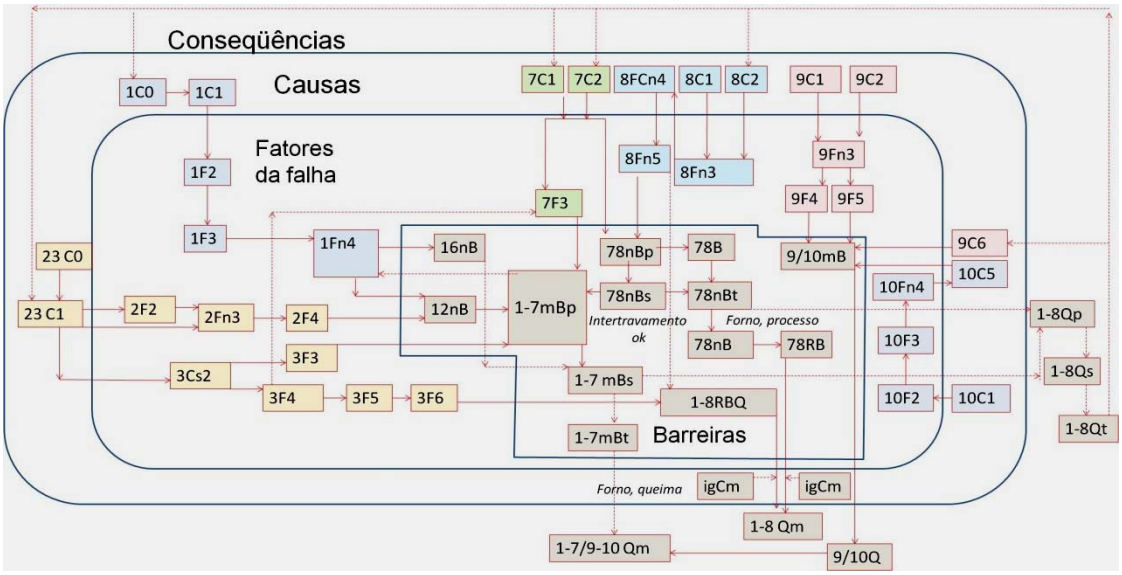


Figura 4.22 - Causalidade da falha operacional em rede.
Fonte: Autoria própria.

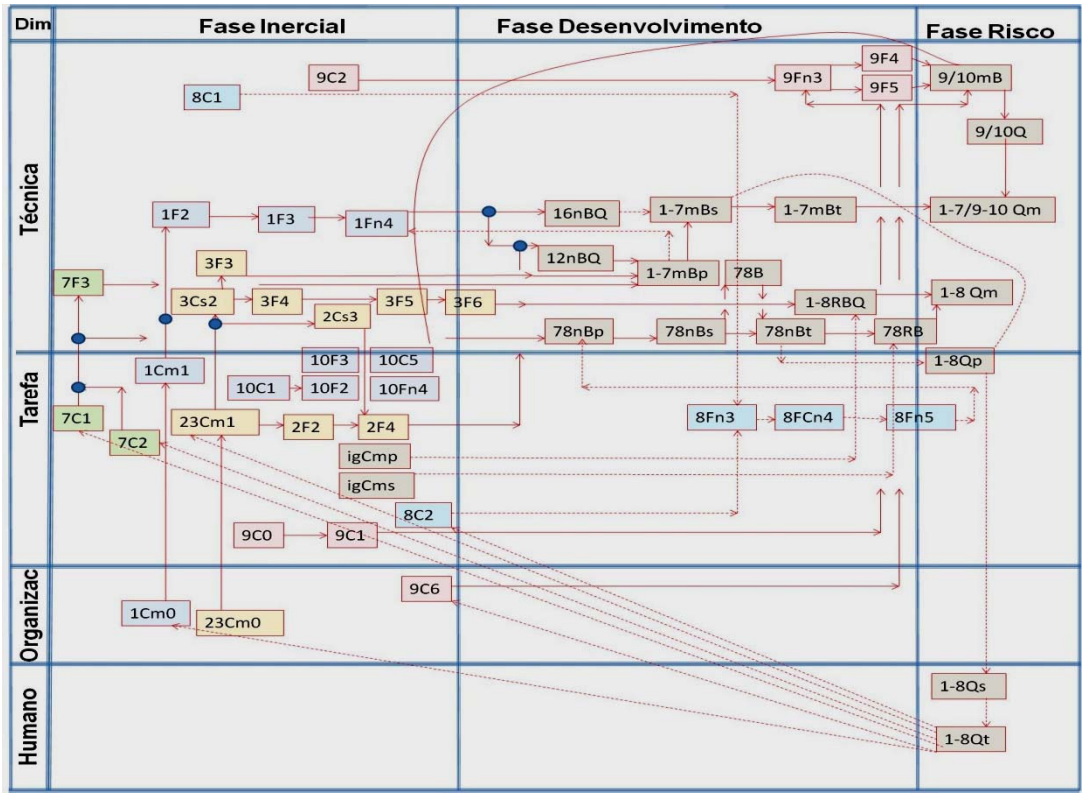


Figura 4.23 - Diagrama lógico da falha envolvendo a regeneração.
Fonte: Autoria própria.

B3) Análise da cronologia da falha

O cenário de falha analisado pela técnica da cronologia já foi descrito anteriormente e pretende verificar tempos, fatores operacionais que aumentam ou diminuem a força da falha, e ainda o formato da falha com o tempo. Este exercício é realizado, simulando uma situação

preparada com base em eventos aferidos com o *staff* da empresa, sem ocorrência conjunta dos fatores, e com os tempos estimados por um especialista.

Os eventos ocorridos nas seções de secagem e de regeneração foram os escolhidos para ilustrar uma situação de explosão simulada, desde os sinais de anormalidades, como a ausência de chama, até medidas corretivas para diminuir a força da falha, chegando então à explosão do forno e de equipamentos por "efeito dominó". Estes acontecimentos se basearam no discurso do operador (livro de ocorrências) e em hipóteses acerca da continuação das anormalidades.

Devido ao comportamento específico da falha na sua etapa final, onde em curtíssimo espaço de tempo a força da falha (adimensional) aumenta geometricamente, saindo da classificação de sinais para descontrole de processo para depois erro na tarefa, e daí eventos médios e graves que envolvem aspectos de segurança, como sinistro, que pode provocar um Bleve[41]. Assim, para facilitar a construção de gráfico, foram utilizados números derivados com o logaritmo (ln) da força da falha contra o logaritmo do tempo (ln) como indicado na Tabela 4.2 e no Gráfico da Figura 4.24.

a) Pressupostos para a validação:

- ⇨ Não foram tomadas ações corretivas na fase de emissão de sinais de anormalidades;
- ⇨ Foram tomadas ações somente depois de confirmado de forma insistente a ausência de chama, mas as ações foram sobre consequências e não sobre a causa raiz;
- ⇨ Do 6º ao 15º fatores operacionais ocorreram no período de até 24 horas;
- ⇨ As ações corretivas foram: fator 6 (testes no intertravamento), fator 9 (parada no forno), e fator 13 (resfriamento dos equipamentos);
- ⇨ Houve duas mudanças maiores da força da falha (de 150 para 1800), com falha de PSV e da tarefa, e o segundo momento (7500 para 15000) saindo da faixa de explosão do forno para o Bleve do fa117.

[41] *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion.*

Tabela 4.2 - Análise ilustrativa de cronologia da falha.

No Fator	Descrição	Tempo	Tempo acum	Ln		Força	Força acum	Ln
Fator 1	Ausência de chama	1	1	0		10	10	2,302585
Fator 2	Ausência de chama	80	81	4,39444915	3,375	10	20	2,995732
Fator 3	Ausência de chama	48	129	4,8598124	5,375	10	30	3,401197
Fator 4	Solenóide falha aberta	20	149	5,00394631	6,208	30	60	4,094345
Fator 5	Entrada de piloto com gás, Entrada de centel	12	161	5,08140436	6,708	90	150	5,010635
Fator 6	Teste sistema segurança e correções	10	171	5,14166356	7,125	-120	30	3,401197
Fator 7	Falha de segurança e proced operacional	12	173	5,15329159	7,208	150	180	5,192957
Fator 8	Sobre-aquecimento na queima	7	180	5,19295685	7,5	1800	1980	7,590852
Fator 9	Parada do forno por4 horas	4	184	5,21493576	7,667	-400	1580	7,36518
Fator 10	Falhas na lv e bomba, redução de fluxo	2	186	5,22574667	7,75	2200	3780	8,237479
Fator 11	Explosão do forno	3	189	5,24174702	7,875	5000	8780	9,080232
Fator 12	Efeito dominó em equipamentos	2	191	5,25227343	7,958	7500	16280	9,697693
Fator 13	Resfriamento dos equipamentos	2	193	5,26269019	8,042	-1500	14780	9,60103
Fator 15	Bleve	2	195	5,27299956	8,125	15000	29780	10,30159
					12,5 dias			

Fonte: Autoria própria.

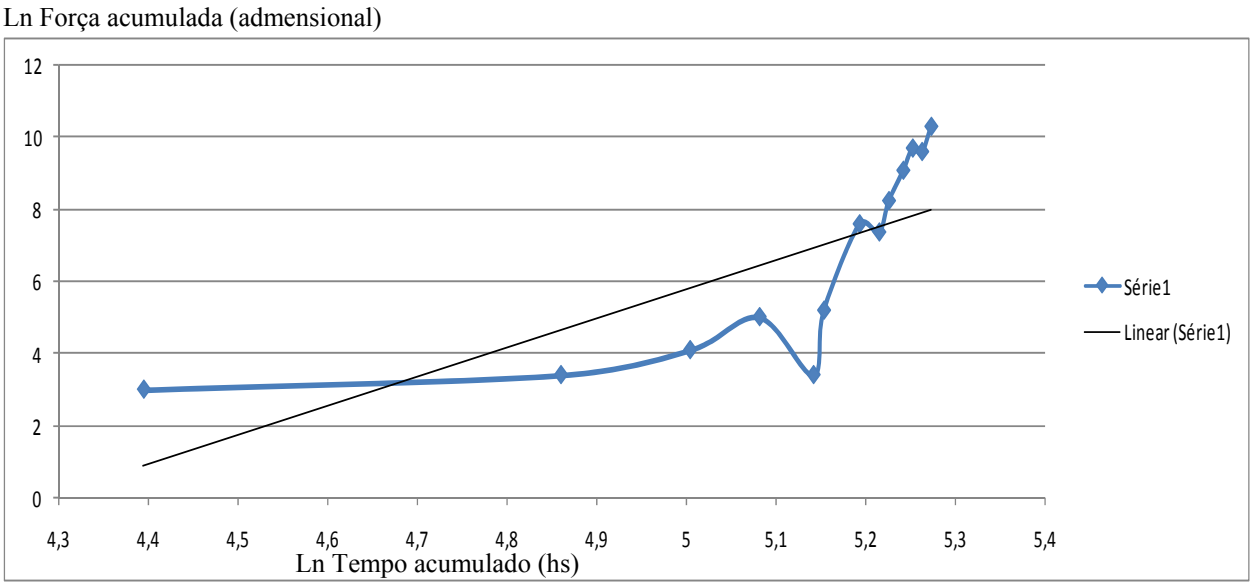


Figura 4.24 - Gráfico ilustrativo: Tempo versus força da falha (bi, ln).
Fonte: Autoria própria.

(B4) Análise de migração da energia social/técnica na tarefa (materialização)

O contrato de manutenção com o fornecedor é resultado de licitação pelo menor preço; havendo possibilidades de serviços mal prestados, ou seja, qualidade indevida. Assim, alguns instrumentos indicadores, ou ainda controladores, podem ter redução do seu desempenho.

Existem dificuldades no controle de fluxo, no controle de pressão e de nível, provavelmente por causa do Cv da válvula tornando o controle manual. A fotocélula suja e provoca saída de operação do forno. Os itens considerados acima afetam o fluxo pelo lado de processo. Esta

situação contribui para a queima incompleta (tecnologia de forno) com fuligem reduzindo a disponibilidade do forno.

Muitas operações no controle da regeneração são manuais. Na análise da tarefa nota-se que os procedimentos não são seguidos fielmente em alguns dos casos. Nota-se que alguns dos problemas que envolvem acessórios para tubulação como válvula motorizada e filtro são transferidos para a manutenção. É necessário analisar estes ambientes de realização da tarefa. Cuidados em redundância devem ser tomados para evitar sobreaquecimento nas serpentinas, como indicado no Quadro 4.4. Além disso, é recomendado revisar o plano de inspeção destas serpentinas.

A manutenção com contratos restritivos e o ritual “inadequado” de integração de contratados no ambiente da empresa leva à baixa qualidade nos serviços.
A operação não deve ”lavar as mãos” diante desta situação de baixa qualidade na manutenção. A insatisfação na manutenção pode levar a violações.
A convivência com vazamento de gás também depende do padrão de segurança assumido.
O plano de calibração de PSVs deve ser bem estudado e com testes de máximo, para evitar surpresas.

Quadro 4.4 - Cuidados na Gestão da manutenção.
Fonte: Autoria própria.

(B5) Análise de conectividade da falha

Os pontos possíveis de ligação entre as falhas de processo e utilidades e serviços de operação e de manutenção são: GLP comum nas operações, serpentina do forno e serviços de manutenção para controle de processo e de segurança. Estes pontos de conectividade se encontram mais detalhados no Quadro 4.5.

Lista dos itens de medição do comportamento da falha.

A medição de pressão, temperatura e fluxo no circuito de processo; acompanhamento de falhas no forno a partir dos testes antes da partida; aparecimento de hidratos nos trocadores de refrigeração e no tanque de refrigerado; presença de gás na área; funcionamento da inertização do forno e da esfera; acompanhamento de eventos elétricos na área.

Ponto máximo ou êxito da falha.

Explosão do forno e, por efeito dominó, explosão nos vasos fa102 e 117; eventos de explosão podem provocar passagem de fogo conduzido pelo vento em direção à esfera.

GLP Comum: queima e regeneração.	As operações de regeneração e secagem estão conectadas através da origem do GLP usado para queima, do fa117 e do GLP usado para a expulsão ou desorção da água. Ambos são produtos oriundos da esfera. Sendo assim, a qualidade do GLP quanto à presença de umidade, presença de ar (falha na inertização em caso de manutenção), e presença de etano afetam tanto a operação de queima quanto a operação de regeneração. A presença de sólidos no GLP não afeta a queima, visto que o fornecimento é feito pela parte superior da esfera. A presença de sólidos também não afeta a regeneração, pois efetiva-se uma prévia filtragem.
GLP Comum: secagem e regeneração	Existe também a conexão entre as operações de secagem e de regeneração, quando o GLP que recircula através do forno e da refrigeração para promover a separação da água na bota, retorna para se misturar com o GLP que vem da esfera e que está sendo seco na torre de peneira molecular. Após a secagem, é partilhado para a refrigeração e tanque de refrigerado (a maior parte) e para o forno, refrigeração e recirculação, retornando para antes do coalescedor.
Equipamento: Serpentina do forno.	A parede da serpentina tem a função de ser um meio de transferência de calor para possibilitar a passagem do calor de combustão do GLP para o aquecimento do GLP usado na regeneração da torre saturada. Sendo assim, os eventos que acontecem do lado de processo e do lado da queima são ou podem ser conectados pela falha na serpentina do forno.
Instrumentação e intertravamento.	Outra possibilidade de conectividade da falha está no status da manutenção ou *status* dos instrumentos de controle de processo e de segurança. Onde notam-se eventos nas válvulas de processo, nos sistemas de controle de nível do vaso fa102 e no intertravamento, com a necessidade de revisão 100% através de testes da proteção do forno.

Quadro 4.5 - Pontos de conectividade.
Fonte: Autoria própria.

(B6) Análise crítica das barreiras de segurança na tarefa.

a) Processo

A ausência de medidor de umidade em linha ou até a ausência de medição de umidade no GLP indica possíveis falhas no controle da secagem, levando à perda de tempo devido a paradas de produção, hidratos em válvulas e sistemas rotativos. As controladoras de nível, pressão e fluxo em manual indicam problemas no projeto.

É necessário investigar quais as causas mais comuns e qual é a causa raiz. Considerando a possibilidade de variação da carga de refrigeração, podem acontecer problemas de temperatura na regeneração que, somados às dificuldades de controle de algumas malhas, possibilita o envio de água para o circuito da secagem sem a sua remoção na bota.

b) Segurança

A existência de *fire-safe* impede a formação de canal de fluxo do fogo. A necessidade de pressão positiva exige a instalação de sistema com uma linha quebra-vácuo que antes utilizava GLP da esfera. A bomba ga102 é de fundamental importância para garantir o fluxo de GLP processo através do forno, exigindo atenção aos sistemas de segurança que podem parar o fluxo. O controle de pressões para tocha e a qualidade do GLP para a queima fazem parte dos cuidados no funcionamento da tocha. O sistema de intertravamento do forno tem funções

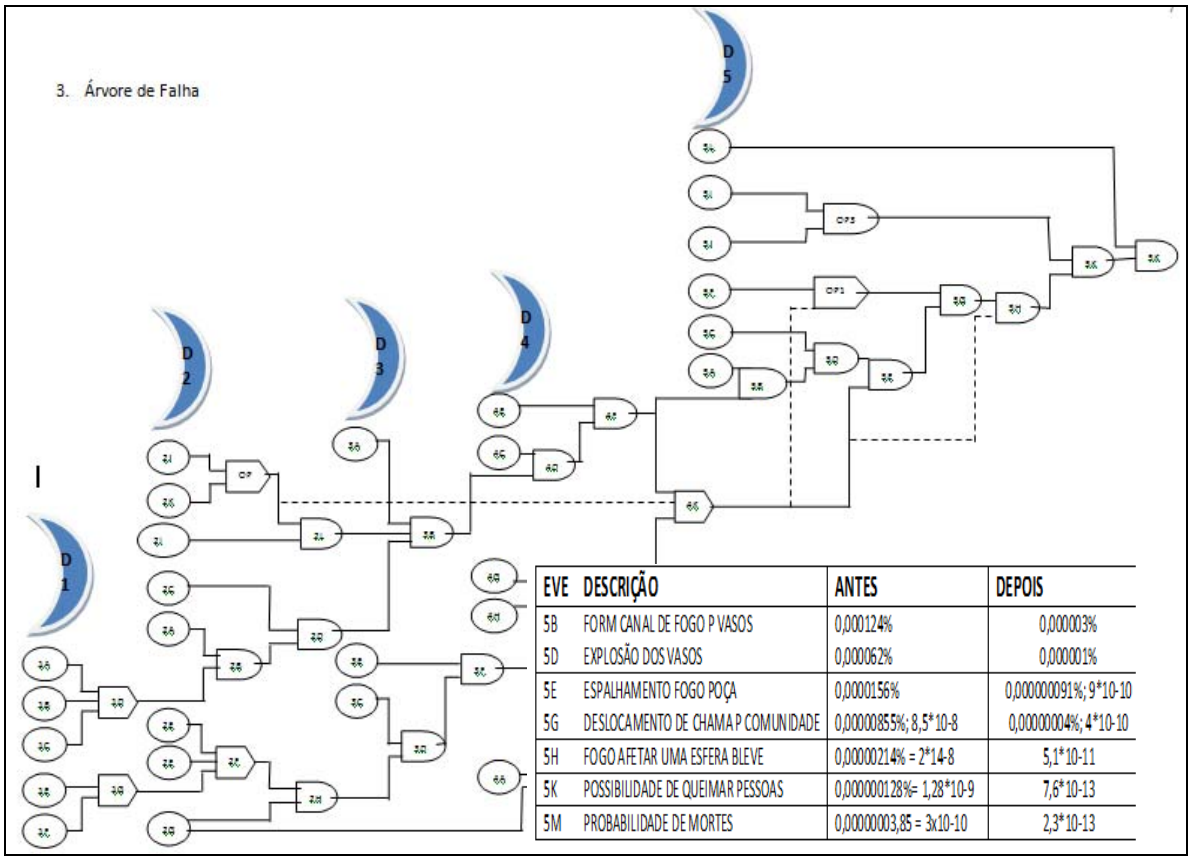
importantes que não podem falhar principalmente no que se refere à foto-célula que detecta a chama. No controle de queima, além da questão da entrada de ar, vem a questão do funcionamento das válvulas, inclusive as solenoides e as de controle de temperatura. O plano de calibração merece ser revisado, com testes reais de alta pressão. Chama-se a atenção para as seguintes PSVs: FA117; esfera e linhas; FA102; vasos; e trocador.

(Conclusão PCA8/16 – análise de falha na tarefa) A análise de falha na tarefa tem a principal utilidade de preparar material de treinamento para formação de competências processuais sobre a falha. Na escolha da área de fornos chamou-se a atenção para os riscos envolvidos embora, não haja informação que atenda a necessidade deste instrumento já que, a probabilidade de tal evento é muito baixa e não é um problema sócio-técnico latente, aparentemente, é uma questão mais tecnológica e localizada.

4.6.2 Comportamento em Emergência ou Estresse extremo (PA3/PA7)

A árvore de falha apresentada neste trabalho é resultado de uma simulação para análise de cenário de sinistro em que inclui incêndio, explosão e formação de "piscina" de fogo com propano, em uma planta de transferência de GLP refrigerado e pressurizado. Lembrando que nesta árvore de falhas são inclusos os conceitos do LOPA, exceto as camadas que podem não ser independentes. Também são utilizados os discursos da operação e do *Staff* para montar o mapa de eventos anormais (MEA). Foi feita análise de árvore de falhas, onde para cada evento foi estimada a probabilidade, e depois com a instalação de mecanismos de defesa, foram realizados novos cálculos. Também foram utilizadas palavras chaves, semelhante ao HAZOP para entendimento dos riscos (formação de canal de fogo, explosão de vasos, espalhamento do fogo em poça, chama em direção à comunidade, possibilidade do fogo afetar a esfera, queimar pessoas e ocorrer morte no sinistro).

As etapas indicadas no procedimento foram realizadas e foi construída árvore de falha por nível de decisão da operação, onde: D1, sobre os sinais de anormalidade; D2, sobre o descontrole de processos; D3, sobre erros na tarefa e falhas de equipamentos; D4, sobre aspectos de segurança das pessoas, dos equipamentos e do patrimônio da empresa; D5, sobre os eventos envolvidos com o sinistro, impactando sobre a comunidade. As principais recomendações realizadas pela operação para evitar o sinistro, indicado na Figura 4.25 nos níveis de decisão já citados, são apresentados no Quadro 4.6.



EVE	DESCRIÇÃO	ANTES	DEPOIS
5B	FORM CANAL DE FOGO P VASOS	0,000124%	0,000003%
5D	EXPLOSÃO DOS VASOS	0,000062%	0,000001%
5E	ESPALHAMENTO FOGO POÇA	0,0000156%	0,000000091%; 9*10-10
5G	DESLOCAMENTO DE CHAMA P COMUNIDADE	0,00000855%; 8,5*10-8	0,00000004%; 4*10-10
5H	FOGO AFETAR UMA ESFERA BLEVE	0,00000214% = 2*14-8	5,1*10-11
5K	POSSIBILIDADE DE QUEIMAR PESSOAS	0,000000128%= 1,28*10-9	7,6*10-13
5M	PROBABILIDADE DE MORTES	0,00000003,85 = 3x10-10	2,3*10-13

Figura 4.25 - Árvore de falhas por camada baseada na rotina operacional (FTAh) e resultados de mecanismos de defesa operacionais, gerenciais e dispositivos de segurança e processo.
Fonte: Autoria própria.

O cenário do sinistro com a localização física dos equipamentos envolvidos e a direção de arraste do fogo, a localização da sala de controle e da comunidade são apresentados na Figura 4.26.

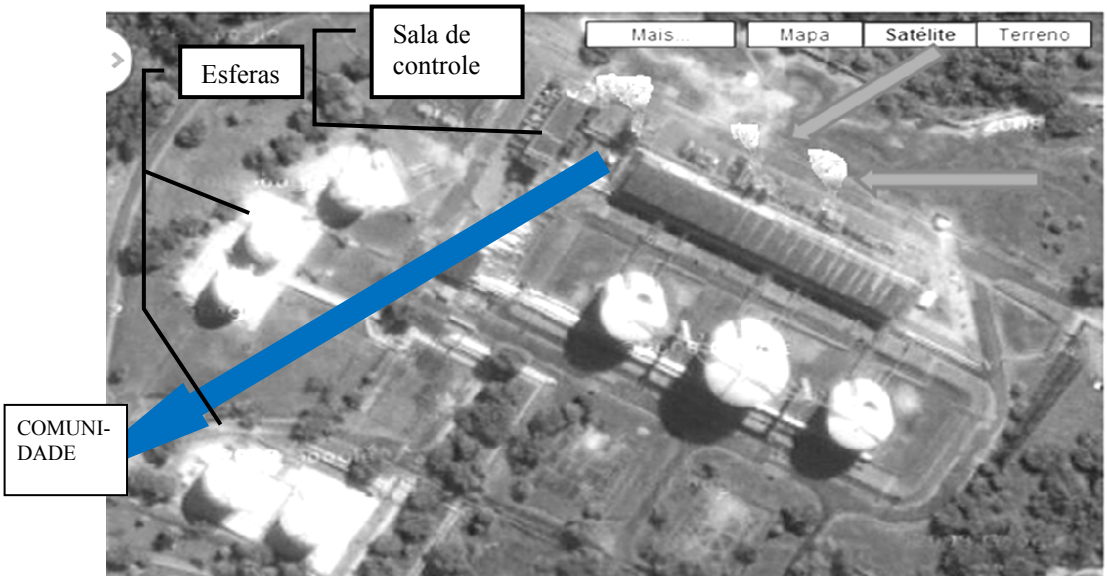


Figura 4.26 - Cenário do sinistro de explosão de forno.
Fonte: http://maps.google.com.br/

A equipe de operação esteve presente em Workshop e participou da dinâmica de simulação de explosão do forno da secagem em dois momentos. Cinco equipes com os resultados técnicos no Quadro 4.6 e os resultados comportamentais no Quadro 4.7, ajudando a definir o tipo de comportamento humano para situações de emergência.

Nível	**Temática**	**Palavra chave**	**O que?**	**Para evitar o que?**
Decisão 1	Anormalidades no processo	Verificar	filtro	Obstrução
		Verificar, Ajustar	Controladoras/ PIC/FI	Possibilidade Descontrole
		Verificar	Alinhamentos, flanges, raquetes e válvulas	Fluxo, pressão alta
			Intertravamento no forno, chama	Possibilidade de falha, N2
			.....	.....
Decisão 2	Descontrole do processo	Verificar	Vazão de entrada e de saída, solenoides	Fluxo
		Cortar	GLP e drenar torre	Remover inventários
		Isolar	Esfera e vasos	Remover inventários
			----------	.....
Decisão 3	Equipamento e tarefa	Verificar	Alinhamento de N2	Inertizar forno
		Bloquear	Alimentação de vaso para forno	Remover inventário
		Abrir drenos	Alinhar GLP para *flare* controlado	Remover inventário
		----------	----------	----------
Decisão 4	Falhas na segurança	Acionar	Alarme e evacuação de área, brigada de incêndio	Controle do fogo e Evitar acidentes
		Comunicar	Coordenação e Gerência	Controle Gerencial
		Resfriar	Equipamentos próximos	Evitar explosões
		----------	----------	----------
Decisão 5	Falhas no controle do sinistro	Comunicar	Comunidade vizinha	Evitar acidentes
		Acionar	Cortinas de contenção	Resfriar equipamentos
		Confirmar	Plano de contingência	Tratar sinistro
		----------	----------	----------

Quadro 4.6 - Recomendações nos 5 níveis de decisão da operação sobre sinistro - GLP.
Fonte: Autoria própria.

Geral	Os participantes da dinâmica foram receptíveis ao Workshop e a integração estava alta. Responderam a todas as enquetes, identificação de cultura técnica e participaram da dinâmica efetivamente. Houve abertura para contar sobre fatos que aconteceram no passado, ou seja, foi transmitido segurança para que isso acontecesse. A participação foi pequena em quantidade, mas com a participação efetiva de todos - foram esclarecidos aspectos de confiabilidade humana, seu papel para a sociedade e na operação. Os participantes falaram sobre o assunto do Workshop, o que mostrou o interesse dos participantes e o esclarecimento sobre o mesmo. Houve resistência não explícita de um componente e a apresentação de liderança "inibitória" em um dos casos.
QUALIDADE DA DINÂMICA	
Liderança	Com pequeno número de pessoas e talvez por não houver muitos líderes informais também, a liderança não foi rotativa, foi fixa em cada equipe. Houve uma liderança estabelecida no grupo 3 e nas outras equipes a liderança ficou menos evidente.
Movimento físico	Não houve movimentos físicos em excesso, indicando que o nível de estresse da equipe foi moderado, exceto para a pessoa 3.
Compromisso com a tarefa	O compromisso com a tarefa foi bastante razoável (em 91%), na decisão 4 e 5 o envolvimento foi menor, e pela equipe 3, não foi atribuída importância para a situação mais crítica, como comentado, só temos que abandonar a área.
Comunicação	A comunicação foi razoável entre os operadores, exceto 20% da equipe que não participou e uma equipe que foi resistente.
Novas ideias	33% da equipe não apresentaram novas ideias para tratar da situação de estresse. A Equipe 2 nas decisões de sinais na rotina, descontrole de processo e atuação na tarefa/equipamentos praticamente não apresentaram novas ideias. Houve novas ideias a partir de todas as equipes para a decisão 4 e 5.
Nível de estresse	33% com estresse moderado e 67% com estresse alto. A equipe 3 não se envolveu aparentemente como as outras, estava com nível de estresse moderado.

Quadro 4.7- Resultados da dinâmica sob estresse do sinistro de explosão em GLP.
Fonte: Autoria própria.

(Conclusão PCA9/16 – comportamento em emergência) A mesma conclusão anterior Serve para a atual situação, onde o principal objetivo técnico desta análise é aprendizagem. Na dinâmica nota-se um ambiente ainda "morno" em termos de estresse, chamando a atenção para aspectos na área de compromisso e formação de competência que estão nas correções a serem realizadas para enquadrar a variável artificial dentro da melhor eficiência organizacional.

4.7 INTERPRETAÇÕES DE INFORMAÇÃO HUMANA E SOCIAL – COMPORTAMENTO NO AMBIENTE LABORAL

4.7.1 Sobre os dados sociais (ref. 4.3.2)

Existem indicações de adoção de padrões e visão conservadora em 70% dos casos e sedentarismo em 70% dos casos. Os operadores respondentes são primogênitos em 56% dos casos, aumentando a responsabilidade sobre os familiares, confirmando relação de dependência dos pais em 67%. As situações levantadas indicam que a família é peça fundamental para o equilíbrio emocional do operador, numa proporção de 65-75%.

A divisão de afeto na convivência com parceiros traz aumento da estabilidade emocional. Nesta amostragem da equipe de operação, seguindo a cultura econômica atual, 78% dos entrevistados possuem até um filho. A maior parte do grupo tem idade acima de 40 anos, o que indica de certo modo maturidade; por outro lado, pela idade e rotina, o trabalho também pode ser considerado uma necessidade e não um desafio. A atuação política na proporção de 62,5% é interessante, devendo-se confirmar se é somente política trabalhista ou envolve também questões da comunidade.

Quanto à cultura, os operadores se identificaram de forma equilibrada, com 50% de adoção da cultura alternada entre local e global. O enfático em cultura regional foi mais reduzido, e o que adota a cultura global se encontra em maior parte. Neste caso, embora haja a presença da família, como indicado acima, existem possibilidades de flutuação de comportamento. O operador é sociável, embora no teste de cooperação mostre as restrições em convidar elementos para dentro do seu espaço pessoal. Tem o costume de passar o fim de semana com a família de forma estável em 45%, embora 22% se considerem instável. Existem indicativos de flutuação de comportamento da ordem de 30%, com amizades em mais de uma tribo.

(Conclusão PCA10/16 – equilíbrio emocional, sociabilidade) Os comentários ligados às conclusões de 10 a 14 alimentam programas de correção a ferramenta que usa o PCA. Nos dados sociais apresentados de forma direta houve discordância em relação aos questionários de forma indireta. Apesar das diferenças nota-se a necessidade de aumentar as integrações organizacionais e sociais promovidas pela empresa.

4.7.2 Sobre os dados individuais (ref. 4.3.2)

Existem referências na medicina psicossomática que revelam ao menos 85% das causas de determinadas doenças podem ser de cunho emocional; assim, a enquete foi elaborada para analisar a possibilidade de desequilíbrio. O perfil alterado de pressão está indicando estado de melancolia e coincide com a proporção de estágio cardiovascular. Este comportamento pode estar relacionado com a falta de vínculo afetivo, indicando não haver compromissos maiores em 11% a 22%. O cansaço pode ser sintoma de desânimo, com possibilidades de quadro depressivo (traços); é necessário motivar estes 20% do quadro para buscar novos desafios

dentro do ambiente de trabalho. Parte da equipe apresenta quadro para a constipação, podendo indicar a resistência às lideranças (20%), ou o medo das perspectivas - diarreia (10%).

O aparelho cognitivo é a "casa" onde se instalam os principais erros humanos na realização da tarefa. Com 11% das respostas indicando alterações na memória que, baseado nos outros resultados e nos que não responderam, pode chegar a 15%. No que tange à atenção, pode-se afirmar o mesmo, onde 20% são classificados como intermediário entre desatento e atento, isto indica a necessidade de ativar a atenção dos componentes da equipe, talvez motivando com algo visual, com campanhas que movimentem as pessoas em busca de foco, atenção e compromisso. Na percepção espacial, 30% da equipe confirmaram dificuldades, indicando a necessidade de melhor identificação das áreas e, busca por exercícios simulados para evitar o automatismo das atividades. Sob momentos de estresse, a linguagem fica prejudicada para 10% (razoável) onde a cooperação entre os colegas diminui o impacto negativo desta característica. Mais de 50% da equipe é excessivamente racional, levando, por extrapolação, a quadros obsessivos, que não foram confirmados pela pressão. Assim, a integração social é uma necessidade para a equipe de operação e que é realizada através do lazer, propõe-se que a empresa realize rituais de integração social (atividades externas) para incorporar sentimento de equipe, evitando assim a compulsão ao trabalho, evitando o excesso de racionalidade e desenvolvendo vínculos afetivos com o trabalho.

Uma análise conjunta é indicada na Figura 4.27, onde aspectos relacionados à cultura, ao comportamento digestivo e à pressão arterial, são interpretados em conjunto com o peso e o reflexo na autoestima, além da memória e atenção (motivos dos erros humanos na execução da tarefa). Na anormalidade existem duas situações: a de confronto e a de aceitação e está presente pela cor do sinalizador na régua de equilíbrio emocional. O centro indica o estado de normalidade, enquanto que as extremidades representam o estado de máxima anormalidade. Os maiores valores de normalidade estão na pressão e na memória com 88%, e os valores mais reduzidos com 63% de normalidade são sintomas digestivos e cultura.

A média da normalidade atingiu valores de 75% que estão próximos ao valor meta de 80%. Mas, parte dos dados foi perdida devido a operadores que, apesar de participarem do Workshop, não responderam ao questionário. Isto ocorreu da ordem de grandeza de 15%. Assim, para ser conservativo, faz-se uma correção de 70% sobre 15% e aplica-se para redução nos índices alcançados de normalidade, alcançando finalmente 70% de normalidade.

Para este trabalho e definição de programas gerenciais buscam-se metas de 80% de normalidade, indicando a necessidade de construção de programas de inclusão para a correção de 10% no equilíbrio emocional. O comportamento indicado para a discussão acima está no hexágono do equilíbrio emocional, representado na Figura 4.27.

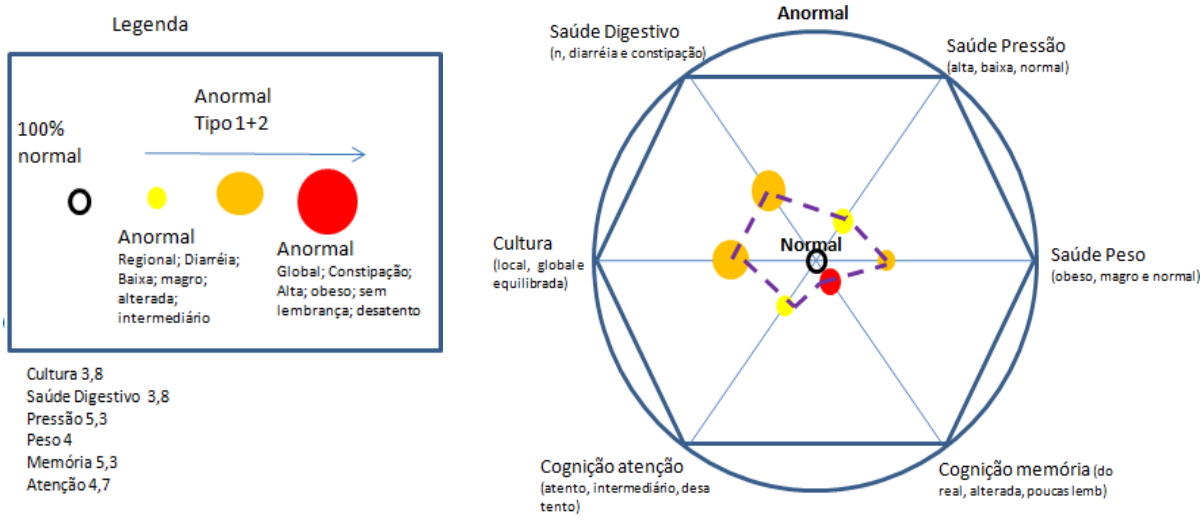


Figura 4.27 - Hexágono do equilíbrio emocional.
Fonte: Autoria própria.

(Conclusão PCA11/16 – equilíbrio emocional, saúde) Seguindo a interpretação apresentada anteriormente, existem indícios de necessidade para ajuste no perfil em termos de equilíbrio emocional que leva a atenção, bom uso da memória, construção de mapa mental satisfatório, bom nível de comunicações e boa localização espacial. Assim, no PCA, a realocação de pessoal e o treinamento em aptidões e habilidades específicas podem ser instrumentos de correção de desempenho.

4.7.3 Sobre os dados de comportamento do indivíduo para cooperação (ref. 4.3.3)

Dependendo da idade, da cultura regional ou da fase organizacional por que passa a empresa, pode acontecer de os padrões aceitáveis de comportamento serem alterados ou, o que certamente acontece, as respostas medidas são alteradas, indicando mudança de comportamento. Como são perguntas comportamentais, é importante que se faça em amostragens grupais, em momentos diferentes e com perguntas diferentes. Devido a mudanças culturais da sociedade, o nível de egoísmo e egocentrismo são fatores que

dificultam o alcance de padrões ideais para a formação de grupos coesos, sendo desafios para o gerente da modernidade, sendo recomendável rever formas antigas e determinísticas, através aspectos intuitivos da administração.

Embora não seja conclusivo, existem mais forças desagregadoras do que agregadoras, e riscos quanto ao tratamento de pequenas emergências como indicado na Figura 4.28. O aumento da medição em relação à meta é interessante para o hexágono e para a barra de emergências, o contrário não é devido para o pentágono com tendências desagregadoras. Valores extremos não são comuns levando a perda da individualidade, por exemplo. Mesmo com valores baixo em relação à média, emergência, criticidade e egoísmo são comportamentos humanos que prevalecem como desagregação. Notam-se variações grandes em situações de emergência no comportamento rotineiro, indicando falta de preparação, aparentemente, no ambiente de trabalho. Os dados estatísticos deste levantamento são apresentados na Figura 4.29 indicando a diferença em relação à meta.

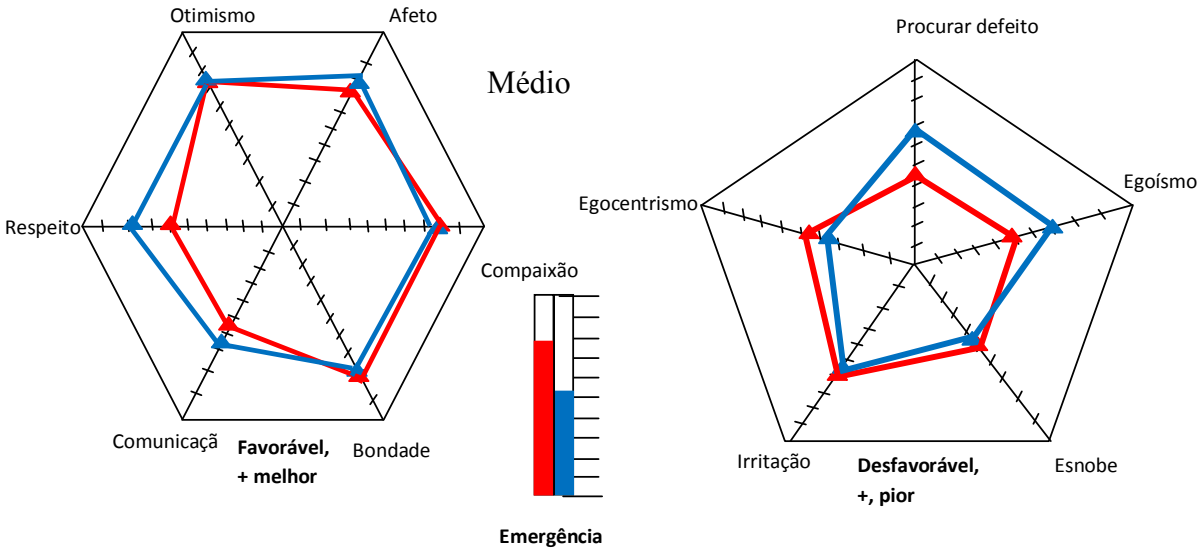


Figura 4.28 - Indicação de agregação do grupo.
Fonte: Autoria própria.

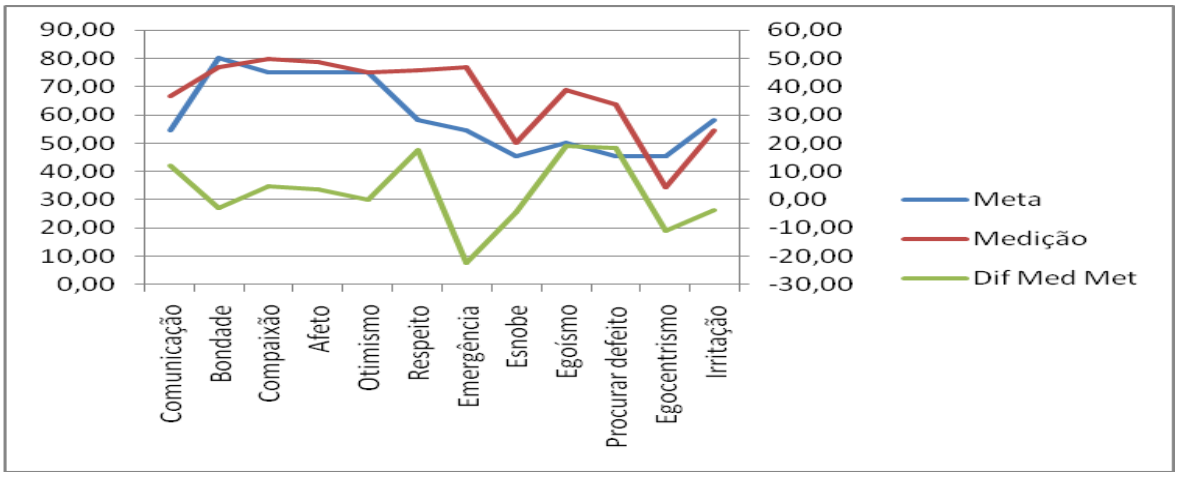


Figura 4.29 - Características e comportamentos do indivíduo por grupo.
Fonte: Autoria própria.

(Conclusão PCA12/16 – grupo) Na medição realizada, nota-se que a média está muito próxima ao padrão desejado, mas casos isolados levam às seguintes observações. Os laços sociais e a comparação entre valores individuais e organizacionais indicam que podem ser realizados trabalhos para aumentar o vínculo do homem à organização. Esta conclusão é adicionada às anteriores e confirmada quando os movimentos (sinais de) desagregadores são maiores do que os agregadores de equipe.

4.7.4 Sobre o comportamento grupal e a liderança (ref. 4.3.4)

Em termos gerais, a equipe tende a ser flexível socialmente (66,7% dos casos), e apresenta leve tendência para o caráter rebelde, que coincide com comportamento crítico e a questão do egoísmo. Numa proporção de 55% as pessoas têm pouca iniciativa, são mais passivas e não desejam que outras pessoas se relacionem com ela, nos outros 45% estão os que têm iniciativa normal com traços de rebelde, como afirmado antes. Ainda em termos de sociabilidade, é muito seletivo quanto aos participantes da sua intimidade, isto numa proporção de 44%. Em torno de 33% do grupo prefere não se relacionar com outras pessoas, o restante é considerado normal. O grupo é passivo emocional onde 66% preferem receber afeto ao invés de doar. Não sabe tratar de pequenas emergências que foi o principal motivo de diferença em relação à meta geral dos itens analisados. Constatou-se que 56% da equipe é normal quanto à responsabilidade pela tarefa, 44% evita a responsabilidade.

Grande parte da amostra, cerca de 90%, evita relacionamentos frequentes e são seletivos, dificultando o trabalho de confiança mútuo. O que é fato preocupante para o cooperativismo. A passividade é confirmada pelos seguintes dados levantados: 44% dos operadores preferem ser convidados enquanto 22% preferem convidar; e 44% das pessoas preferem receber ordens. Pela Tabela 4.3, a sociabilidade, senso de responsabilidade, importância ao afeto e interação social possuíram desvio padrão entre 14 e 15,5% da média, indicando que este grupo varia da mesma forma. A importância às pessoas já tem uma variação maior equivalendo a 18% da média. Existem grandes variações em módulo nas diferenças de controle, inclusão e afeto, com, 78%, 39% e 32%, respectivamente, Os valores de máximo e de mínimo estiveram preferencialmente no perfil 4 e 5, que divergiram em relação ao restante da equipe.

Tabela 4.3 - Análise de características da liderança e grupos (baseada FIROB)

Respondente	N atividade	N necessidade	Importância às pessoas	Responsabilidade na tarefa	Importância ao afeto	Interação social	Convite/ é convidado	Obedece/ dar ordens	receber e dar afeto
1	11,0	10,8	10,2	7,4	4,1	21,8	-1,6	0,6	1,2
2	12,9	12,0	13,0	7,7	4,2	24,9	-1,9	1,7	1,1
3	9,3	10,6	10,3	5,7	3,9	19,9	-2,8	0,3	1,2
4	14,2	12,7	13,1	8,2	5,6	26,9	-2,7	1,8	2,4
5	9,2	8,1	7,0	6,3	4,0	17,3	-0,8	0,3	1,6
6	12,8	11,3	12,4	7,0	4,7	24,1	-1,8	2,3	0,9
7	9,6	9,3	9,3	5,1	4,4	18,9	-1,8	0,7	1,3
8	11,2	8,9	10,0	5,8	4,3	20,1	-0,9	1,3	1,9
9	11,8	12,3	11,3	7,2	5,6	24,1	-2,4	0,1	1,8
Média	11,3	10,7	10,8	6,7	4,5	22,0	-1,8	1,0	1,5
Desvio Pa	1,76	1,60	1,97	1,05	0,63	3,18	0,71	0,78	0,48
Fator vari	0,155	0,150	0,183	0,156	0,138	0,144	-0,387	0,775	0,320
Máximo	14,2	12,7	13,1	8,2	5,6	26,9	-0,8	2,3	2,4
Mínimo	9,2	8,1	7,0	5,1	3,9	17,3	-2,8	0,1	0,9

Fonte: Autoria própria.

(Conclusão PCA13/16 – liderança) Existem informações conflitantes neste item, mas, que mostram o potencial de trabalho para adequação dos perfis de liderança. A necessidade de inclusão se confirma, a de agregação da equipe também, mas o ambiente é propício para as mudanças necessárias. Os líderes precisam ser ajustados para trazer para empresa maior eficiência organizacional: volume processado com segurança e com mínimo de ociosidade técnica. No PCA entra como fator de correção para adequar eficiência organizacional.

4.7.5 Sobre os dados sociais coletados no RH da Empresa (ref. 4.3.5)

A progressão salarial é dividida em duas classes: acima de R$ 1 por ano (unidade simbólica) e abaixo de R$ 1 por ano. A progressão mais alta inclui principalmente os funcionários

migrados da coligada (fornecedor). A progressão salarial é um indicador de que houve um maior compromisso; já o acidente é um indicador de problemas que podem estar relacionados à falta de compromisso ou de tecnologia.

Os dados relacionados ao trabalho como progressão salarial e afastamento estão apresentados na Tabela 4.4 com amostragem acima de 60% (15 operadores de um grupo de 24). No Afastamento foram detectadas quatro classes com afastamento e média de 53 dias de afastamento para cada empregado. A classe 1, abaixo de 5 dias, indica que 1/3 da equipe tem alto desempenho em segurança; a classe 2, com 5 a 10 faltas, somam 24 dias de afastamento, equivalendo a valores percentuais baixos em relação ao total, 3%. Já na classe 3, onde 4 operadores estiveram afastados durante 10 a 80 dias, com 145 dias de afastamento equivalendo a 18% do total e, finalmente na classe 4, onde estão 3 dos 5 funcionários mais antigos da empresa e que somam 616 dias de afastamento, quase 80% do total. O afastamento por ano de trabalho é um número relativo, indicando que pode haver acontecer maior afastamento com mais tempo de serviço. Dividiu-se em 3 classes de afastamentos por ano de trabalho: classe 1, de 0 a 1 afastamento por ano (40%), normalmente os mais novos; classe 2, entre 1 e 3 afastamentos por ano (33%); e a classe 3, acima de 4 afastamentos por ano, incluindo os funcionários oriundos da coligada (Fornecedor), que constituem no mínimo 60% dos mesmos.

Tabela 4.4 - Desempenho e Características do operador - Dados do RH.

IDADE/ ANOS	TEMPO/ DEPENDT	ANOS DE TRABALHO	PROGRESSAO SALAF	AFASTAMENTOS	AFAST/ANOS
7,4	1,5	5	1,20	46	9,2
5,1	11,8	7	0,71	10	1,4
7,9	3,0	7	0,86	2	0,3
6,4	3,4	8	0,75	2	0,3
6,1	6,8	8	0,75	1	0,1
5,4	3,4	8	0,75	1	0,1
5,0	3,4	8	0,75	7	0,9
5,4	2,3	8	0,75	2	0,3
5,6	1,7	8	0,75	9	1,1
4,7	3,4	8	0,75	8	1,0
2,2	7,4	23	0,78	60	2,6
2,1	11,5	24	1,33	96	4,0
2,0	12,0	25	0,64	376	15,0
2,2	11,6	24	1,33	29	1,2
2,1	11,0	23	1,04	144	6,3
4,6	6,3	12,9	0,88	53	2,9

Fonte: Autoria própria.

Para o cálculo do compromisso, são considerados que as questões culturais que indicam estabilidade quanto ao planejamento familiar e ao início de trabalho mais cedo são favoráveis ao aumento de compromisso e serão utilizados como referência. Neste caso, propõe-se uma forma de calcular o compromisso onde as peças fundamentais são a progressão salarial e o número de dias afastados por ano. Os fatores culturais são tempo por dependente onde o padrão atual de comparação é 5, enquanto que, no padrão antigo, tempo por dependente tem padrão está em torno de 10. Um maior número de dependentes indica menor planejamento na família, ou seja, menor tendência à estabilidade. Outro fator multiplicativo é o tempo de trabalho por idade, indicando que atualmente, numa situação mais instável, se inicia a trabalhar tardiamente. Após a aplicação da fórmula, 40% da equipe, por estes critérios têm maior compromisso e 33% tem menor compromisso. Compromisso = função (progressão salarial, afastamento por ano, tempo de trabalho por idade e tempo de trabalho por dependente).

(Conclusão PCA14/16 – compromisso) Os dados e informações analisadas (afastamento, progressão, dependentes e etc.) dão indicativos de formação de equipe com características diferenciadas e compromissos também. A conclusão principal é a busca da homogeneização que é considerada ação para ajuste de eficiência organizacional após medição artificial no PCA.

4.8 ANÁLISE DE COMPETÊNCIA E RESULTADOS (PA8)

Psicólogos organizacionais como Muchinsky (2004), têm encontrado dificuldades para garantir a correlação entre o perfil psicológico do trabalhador e o seu desempenho no ambiente de trabalho. O ritual de entrada do trabalhador no ambiente organizacional inclui um processo de "culturação" e faz-se necessário adotar conceitos não existentes até então. Assim, é feita a adaptação da competência, moldando o profissional ideal para a empresa. Esta adequação auxiliar de competências requer a confirmação de que o perfil contratado pode apresentar o desempenho esperado.

Foi realizada análise da competência pela demandada da tecnologia ou ainda, a partir da Identificação da Cultura Técnica (ICT), na intenção de classificar os tipos humanos quanto ao nível de competência para realizar a tarefa. Para confirmar estes tipos de comportamentos

identificados, foi aplicada avaliação para conferir conhecimentos e interpretações frentes às falhas ocorridas na empresa.

4.8.1 Demanda com base na tecnologia (PA5)

A partir da vivência, estudo da tecnologia e mapeamento dos processos foi escolhido temas para a análise de demanda: propriedades dos fluidos, alinhamentos, contaminantes, logística, segurança e compressores.

Propriedades de fluidos. As propriedades do GLP nas várias proporções de butano, propano e etano alteram os equilíbrios da refrigeração, levando a condições diferenciadas nos trocadores de calor e nos compressores. Além de problemas de alinhamento, estas condições podem resultar em pressões altas de tal modo que levem a abertura da PSV para tocha. Por outro lado, condições de temperatura muito baixa levam a vazões muito altas na transferência para o navio, indicando a necessidade para manter a segurança de redução desta vazão pela operação. Estas propriedades alteram também a viscosidade no estado líquido e deslocam ligeiramente a curva da bomba.

Alinhamentos. Por ser atividade de logística, existem vários alinhamentos sendo realizados. Alguns destes utilizam válvula de controle, outros utilizam válvula motorizada e ainda outros utilizam válvulas solenoides. Nas válvulas de controle, pretende-se manter em controle as variáveis medidas, através da manipulação de outros parâmetros, normalmente o fluxo. O sistema de controle automático deve ser todo revisto, existem Cvs incorretos e formas de operar que dificultam o funcionamento dos equipamentos de controle do modo como se encontram programados. No caso das válvulas motorizadas, pretende-se diminuir o esforço do operador, dispensando o acionamento manual da válvula e, ao mesmo tempo, tornando possível centralizar as ações remotas no supervisório. A realidade atual é que várias destas válvulas não operam de forma remota ou mesmo manual, e isto aumenta a ocupação de operadores por atividades que exigem esforço em demasia. As válvulas solenoides são utilizadas para ativar principalmente os sistemas de segurança (alívio) e controle dos fornos. A presença de sólidos não é apropriada em qualquer destas válvulas, onde, em casos extremos

pode danificar a sede, e possibilitar o vazamento interno. Quando a quantidade de sólidos é grande pode até a obstruir impossibilitando a transferência.

Contaminantes. Os contaminantes podem afetar o patrimônio num caso mais grave (corrosão), mas podem provocar envio de GLP para o *flare* se a PSV abrir (etano), ou ainda atrasar ou limitar a velocidade de processamento de gases (água, sólidos e etano).

Logística. Como são muitos alinhamentos possíveis é importante ter uma visão geral das operações, dos pontos pressurizados e despressurizados, dos equipamentos em operação e dos que estão vazios, e ainda aqueles que operam em acompanhamento mais intenso, por não ter os controles automáticos ou remotos disponíveis. Neste quadro geral é importante circular os trechos que estão com obstruções ou limitações de carga (compressor com etano). Assim, sinalizar as seguintes operações quando em realização: pressurizado, compressão, secagem, regeneração, ciclo térmico, refrigerado e vapores, píer e gasoduto transestadual.

Segurança e SIS. No intertravamento de plantas, é importante conhecer e verificar a programação dos sistemas autônomos de intertravamento para analisar quando ocorre a falha de processo. Neste trabalho, busca-se analisar o forno. Outros sistemas que usam intertravamento são: bomba de navio, bomba de refrigerado, compressores e bomba de flash.

Ações com a comunidade: alguns eventos foram investigados e podem ser indicativos de necessidade de aproximação da empresa em relação à comunidade vizinha. Assim, atear fogo, ocorrência de acidentes, corte da fibra ótica da CFTV, roubo em galpão e muitos outros eventos podem indicar que a comunidade clama por maior contato com a empresa.

Compressores, bombas e operações intermitentes. Estes equipamentos rotativos não são apropriados para operar em regime intermitente; assim, alguns cuidados devem ser adotados para manter bombas e compressores em operação normal.

Para sistematizar os programas de treinamento e realizar avaliações de conferência quanto ao nível de conhecimento, habilidades e formação de mapa mental para resolução de problemas classifica-se a competência demandada em cinco níveis, como apresentado na Figura 4.30: (a) entendimento e controle da tarefa; (b) conceitos para realizar a tarefa; (c) analise da falha na

tarefa; (d) construção de habilidades na rotina; e (e) conceitos para controle de processo e de segurança.

Nível (a). Para entender e controlar a tarefa é necessário um bom nível de abstração, tendo condições de planejar a tarefa, imaginando como ela seria realizada pela equipe e possibilitando a interpretação para a tomada de ação. Nesta fase, são desenvolvidas facilidades para elaborar o mapa ou esquema mental. Ainda neste momento são necessários conhecimentos lógicos de causalidade, para facilitar o tratamento de problemas e a realização de cálculos simples auxílio na tomada de decisão. As relações de preferência, dominância, e pressão como resultam em escoamento de fluidos.

Nível (b). Alguns conceitos básicos são necessários para realizar o trabalho de operador nesta unidade de logística em gases. Assim, como funciona a combustão, quais os princípios por trás da mudança de fases e da mistura de gases, quais as propriedades dos fluidos, os princípios para troca térmica e a resistência dos materiais presentes nos equipamentos para processar os gases em relação à corrosão, temperatura e pressão.

Nível (c). Estes conhecimentos estão mais próximos das habilidades, ou seja, da rotina do operador na realização das tarefas. A partir deste momento são estudados os equipamentos como: forno e *flare* (funcionamento do piloto e queimador); tubulações e acessórios (funcionamento das válvulas e tipos de tubulações por vazão, temperatura e pressão); bombas e riscos operacionais; compressores e riscos operacionais; coluna de leito fixo com peneira molecular, com filtro de tela, e os respectivos riscos operacionais, além da descrição de sistemas de limpeza; trocadores de calor, tipo casco tubo e vaporizadores com os respectivos riscos operacionais.

Nível (d). Habilidade no campo e no supervisório: nas operações intermitentes com os tempos e ciclos para cada tipo de material sendo processado, assim, secar, aquecer, resfriar, pressurizar, despressurizar, transferir e parar; os diversos alinhamentos para controle de processos e de segurança, envolvendo sistemas pressurizados, riscos de vazamento e incêndio; neste momento, é bom esclarecer quais são as barreiras utilizadas para cada serviço em realização; ainda em termos de processos intermitentes, estão a movimentação e o armazenamento do GLP pressurizado e refrigerado; os processos contínuos exigem especialidades específicas para manutenção do ciclo térmico em operações que iniciam e que

terminam em prazo específico, assim como operam a compressão, a expansão, e a refrigeração, com ou sem carga na secagem.

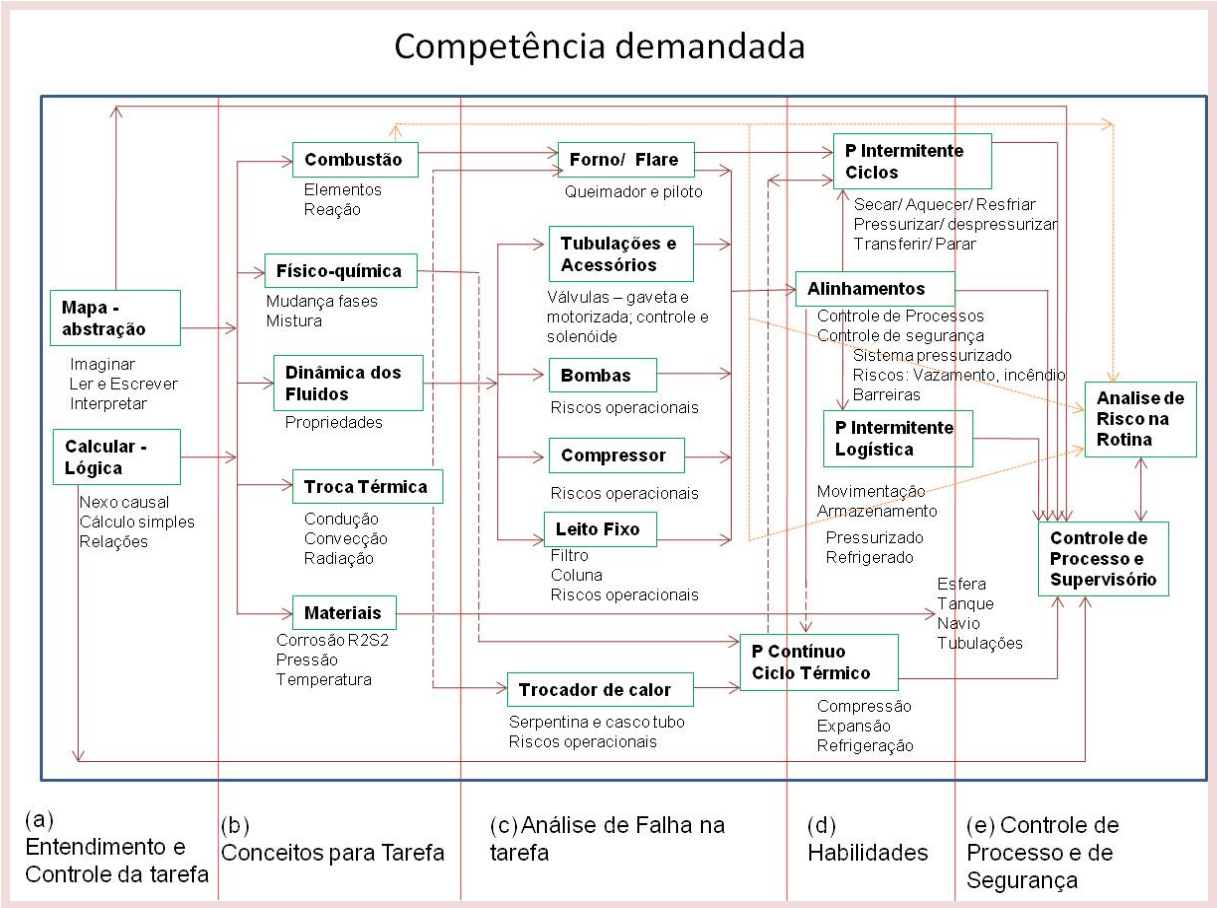


Figura 4.30 - Competência demandada.
Fonte: Autoria própria.

Nível (e). Neste momento, se alcança o controle na unidade de processamento de gás e o controle de processos com o supervisório e sistemáticas de comunicação. O controle de segurança sendo vislumbrado através de métodos de análise de risco na rotina. As operações de refrigeração são intensamente desenvolvidas quando comparadas com as operações de transferência de GLP do fornecedor para a empresa processadora.

Pode-se considerar que o número de horas despendidas em refrigeração está acima do dobro do número de horas despendidas com a transferência do fornecedor para a empresa, motivado principalmente pela diferença nas vazões.

Considerando-se a exigência de conhecimentos específicos para cada atividade, é importante na refrigeração saber como operar sob pressão e temperaturas baixas, compressão, bombeamento, operações com leito fixo e fornos/ tocha. No caso de transferências de GLP do fornecedor para o processador: a comunicação, acompanhamento da qualidade do GLP, pressão na transferência, possibilidade de sólidos, alinhamentos automáticos/ manuais e semiautomáticos (válvulas motorizadas) tornam-se importantes, assim como a inspeção de área para detectar vazamentos. Já na carga de navios, existem questões específicas de equalização das pressões, além da conexão dos navios.

4.8.2 Oferta de competência - dinâmica e identificação de cultura técnica (PA6)

A demanda da tecnologia foi definida a partir do mapeamento do processo – MEA (análise da escrita do livro de ocorrência auxiliada por dados de processo, de segurança e entrevistas com a coordenação e o staff). As falhas latentes e outras falhas foram mapeadas na cadeia de anormalidades, e foi construído o mapa das competências necessárias para operar a planta de processamento de gases inflamáveis.

Para completar a análise de competências técnicas que alimentará a régua da personalidade já discutida, é essencial a medição dos inventários de conhecimentos instalados e a identificação da cultura técnica pelo ponto de vista de grupo de operadores que participou de workshop supracitado e que responde com amostragem de 40% sobre toda a equipe de produção.

4.8.2.1 Aplicação de exame para Identificação de Cultura Técnica

Resumidamente, os exames de identificação da cultura técnica que é o mesmo exame de medição de competências instaladas tiveram os questionamentos anexados no Apêndice B.

4.8.2.2 Discussão

Aparentemente existe o conhecimento do histórico, mas que não está adequado para treinamento de processos de falha. É necessário um esforço adicional para preparar materiais de treinamento e multiplicadores em processos de falha. Os cinco porquês são uma boa tática para evitar o comodismo de se acostumar com resposta padrão. Isto é válido na questão de contaminantes no GLP.

A visão do processo do fornecedor pode facilitar a interpretação de certas situações de contaminação no GLP. No caso, GLP com compostos de enxofre, com água ou com sódio.

As válvulas motorizadas são consideradas o terceiro equipamento impactado por sólidos, após a esfera e o coalescedor. A cultura técnica indica possibilidades de sólidos gerarem problemas nas motorizadas. Existe grande variabilidade nas respostas, indicando que o conhecimento é internalizado de forma diferente para cada operador.

Houve grande variabilidade, é necessário uniformizar informações de sequencialidade nas tarefas: a recuperação das etapas quando foge à rotina, acaba não sendo uniforme. Nas respostas existem indicativos de dificuldades na analise de prioridades podendo afetar, assim, na tomada de decisão.

As respostas relacionadas a sinistro provocado por Bleve foram coerentes, mas não houve outras opções para evitar o Bleve, podendo indicar dificuldades de construção do mapa mental para eventos complexos.

A maior parte escolheu o forno, com 33%, e depois, igualmente divididos: vazamento para atmosfera, pressão elevada nos compressores e pressão no tanque de refrigerado. Todos abordaram de forma coerente sobre os sinais no painel e no campo, onde emitiu sua própria opinião sobre o problema. Em termos de identificação de situação de risco, as respostas tiveram coerência.

(Conclusão PCA15/16 – competência) Dependendo do agrupamento que precisa ser corrigido, pode-se buscar adequar à competência instalada baseado nas identificações já realizadas. A identificação destas situações ativa a necessidade de treinamentos sobre os processos de falha trazendo como consequência indireta a maior integração da equipe (este treinamento usa os próprios líderes como multiplicadores de conhecimento).

4.9 PADRÃO PARA ANÁLISE DO COMPORTAMENTO (T11)

É importante definir padrão de comparação para análise do comportamento dos operadores e das lideranças na rotina de trabalho. Esta parte importante da pesquisa permite que a gerência componha a sua equipe harmonizando as energias desagregadoras. Divide-se esta discussão em: atuação no posto de trabalho (4.9.1), análise de comportamento (4.9.2), erro humano na tarefa (4.9.3), e tipo de comportamento humano e social (4.9.4).

4.9.1 Atuação no Posto de trabalho

O comportamento do operador durante execução da tarefa nos postos de trabalho é resultado de relações que envolvem aspectos ligados ao comportamento individual e à relação grupal. Algumas características são importantes para a execução da tarefa pela equipe de operação, como a liderança, o controle da tarefa, o momento da tomada de decisão, a ação em realização, a cooperatividade dos componentes da equipe e os papéis realizados por cada um de forma fixa ou rotativa.

Na liderança é discutida a formalização, a direção da liderança, a rotatividade, e as relações de poder. Dependendo da direção da liderança e da influência sobre grupos delegados ou não delegados, o organograma formal pode ser fundido com o informal, apresentando o que se convém chamar de geleia organizacional como indicado na Figura 4.31. É importante detectar quais destes movimentos criam ambientes não apropriados para a Confiabilidade Humana e, a partir daí, tomar ações no campo formal ou informal para neutralizar estas tendências.

Outros tópicos discutidos no posto de trabalho são o controle da tarefa e o momento da tomada de decisão na operação e no turno, onde se detalha: tipo de situação e velocidade na

decisão, responsável pela decisão, harmonização das ideias na decisão, critérios para a decisão e análise de consequência. É importante também avaliar a ação em conjunto com os tipos, como a, e, com as classes, como ação planejada, estudada, impulsiva, ação consultada, em equipe, individual, gerencial ou de supervisão, com dependências.

Ainda no posto de trabalho é importante analisar o nível de cooperação dos componentes da equipe. O ambiente de trabalho deve estar envolvido em clima de cooperação para que a equipe trabalhe unificada, onde não haja líderes direcionando suas atividades para pontos diferentes. A cooperação na equipe é medida quando os padrões são os mesmos para todos, tanto no imaginário quanto na prática. No grupo é saudável, a existência de conflitos, durante alinhamentos e durante estudos para a decisão, não sendo saudável o conflito comportamental. No estado de cooperação, as pessoas têm conhecimento das necessidades de atuação em grupo não podendo assumir posturas egocêntricas, egoístas ou ter ego insuflado. Normalmente, as pessoas preocupadas com o resultado global e que percebe as diferenças em grupo são a favor da cooperação no ambiente de trabalho.

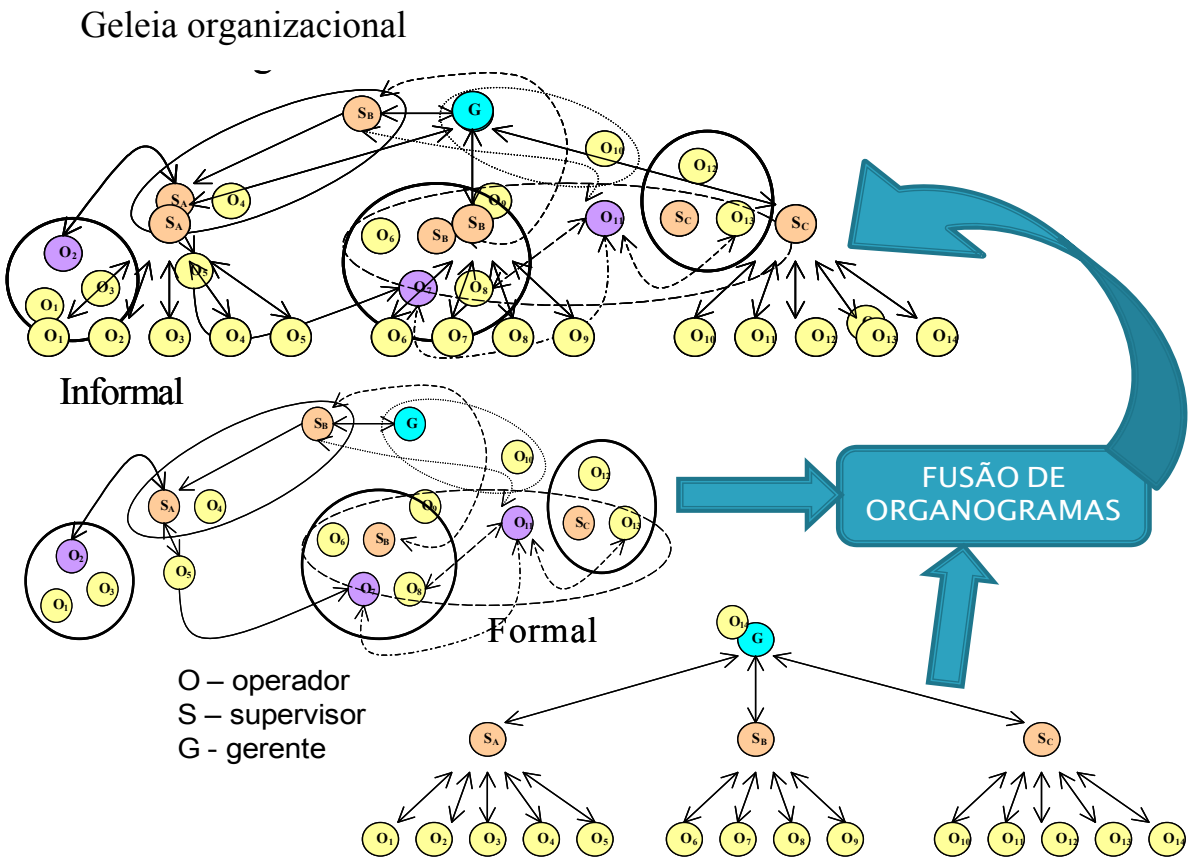


Figura 4.31 - Geleia Organizacional.
Fonte: Autoria própria.

O nível de cooperação em equipe depende de aspectos importantes e que devem ser de conhecimento do líder de turno e do coordenador da produção, sendo estes aspectos: a inclusão social do operador no grupo e na sociedade, a inclusão organizacional no turno e na empresa, o vínculo afetivo com o trabalho e a liderança e o senso de justiça dos líderes e da empresa.

4.9.1 Análise de comportamentos no Posto de trabalho

Os trabalhadores realizam a tarefa enquanto circulam entre a área e o painel de controle. Na área, a depender da operação que está sendo realizada, podem estar próximo a algum equipamento ou ainda próximo a PLC, para realizar atividades de controle. Em todos estes momentos existe um comportamento padrão esperado e os limites para as oscilações de comportamento, para evitar o erro humano ou a falha operacional.

Neste momento serão discutidas questões comportamentais do homem, enquanto operador, em relação às lideranças, ao controle do processo e operações, à tomada de decisão grupal ou individual, à cooperação em equipe, e às especificidades dos papéis no dia-a-dia.
O conhecimento do comportamento padrão permite avaliar as oscilações do comportamento e as possíveis motivações para tal. Como se falam de indivíduos no ambiente de trabalho busca-se sempre um modelo racional, embora neste posto de trabalho os aspectos e valores individuais circulem nas decisões de campo. Infelizmente, para dificultar as soluções rápidas, parte destes estudos é subjetivo envolvendo equilíbrio emocional e estresses que ativam comportamentos indevidos e muitas vezes inconscientes, levando ao erro humano e ao acidente.

4.9.2 Erro humano na tarefa

Os processos internos do indivíduo no ambiente de trabalho promovem alterações conscientes ou inconscientes que afetam o comportamento, gerando o erro humano. Estes processos internos estão relacionados com: (1) análise de valores ou análise de recompensa; (2) análise

de competência e compromissos na sua aplicação; (3) comportamento neutro ou influenciado por questões culturais; (4) preferências intrínsecas na relação social e no tipo de ambiente.

Para completar estes processos internos, citam-se: (5) desagregação familiar com perdas reais (doença ou separação) ou com perdas simbólicas (depressão sem motivo aparente); (6) desconhecimento de si levando a comportamentos ilógicos, mas que não inviabilizam a realização do trabalho; (7) não atendimento de expectativas internas em relação a atividades que comparam competência ou experiência emocional.

O mesmo pode se afirmar com os processos laborais na linha cognitiva como: (8) reconhecimento após comparação do nível de competência mais reduzido; (9) medo de desenvolver certas atividades no ambiente laboral; (10) reconhecimento atribuído pela equipe e principalmente pelo líder de valor reduzido das características pessoais (não inserção grupal); e outras possibilidades de processos que afetam o comportamento do operador, gerando situações de falha.

Alguns comportamentos individuais podem ser inadequados para a realização da tarefa em grupo no ambiente de trabalho. Estes comportamentos podem estar provocando o aparecimento de erros humanos e com possibilidades de se transformar em erro da equipe, erro gerencial ou ainda falha técnica relacionada ao equipamento e ou à tarefa.

Neste momento é descrito o comportamento inadequado e o respectivo erro na realização da tarefa. Citam-se os seguintes aspectos: inclusão social, inclusão organizacional, estabilidade afetiva, devido ao atendimento de papéis na família em outros grupos, inibição na criatividade, falta de atenção, falha na memória, não aceitação das regras, ou mesmo o oposto, com excesso de disciplina, a falta de organização (identificação de requisitos e áreas), a falta de senso de justiça na tomada de decisão e outros comportamentos e aspectos que não se limitam a este trabalho.

Ao reconhecer a existências destes aspectos é possível trabalhar com a identificação da falha humana e levantar a hipótese de quais são os ambientes promovedores do erro humano. Com estas hipóteses, são então realizadas dinâmicas e testes para confirmação e somente depois se trabalham nas alterações ambientais, e de competência. Daí torna-se possível vincular um programa para incremento da confiabilidade humana.

4.9.3 Análises para o tipo de comportamento humano e social

Os fatores humanos inseridos no ambiente de trabalho têm dinâmica própria e que transita da estrutura do indivíduo para o grupo de turno e do turno para a organização. Neste roteiro de informações resultantes do comportamento humano no ambiente de trabalho, passa por análises internas quanto a balanceamento, comparação com padrões, análise de consequência e disponibilidade de competência para o desenvolvimento da tarefa.

Embora este material informacional circule entre estruturas individual, grupal e organizacional, acaba sendo influenciado por aspectos da liderança e das culturas organizacional e de segurança. Determinadas formas repetitivas de comportamento indicam tendência viciante à compulsão, resultante de mitos e rituais impostos pela cultura regional e organizacional. Ao saber destes movimentos podem-se proteger as rotinas operacionais para evitar a oscilação do comportamento em direção ao vetor viciante originado nas culturas e dirigido ao indivíduo e ao grupo. Já quando se discute formação de competências, este construto deve ser diferenciado como: (1) o conhecimento teórico, que forma a base de conhecimento; (2) o conhecimento prático geral que, necessariamente, não está relacionado com a atividade-fim; (3) as habilidades resultantes da experiência na atividade fim, e que alguns autores nomeiam como memória de trabalho; e (4) conhecimento e experiência na relação interpessoal, refletindo num maior equilíbrio emocional. Na análise de competência, também é importante entender as diferenças entre oferta e demanda, induzindo à necessidade de ajuste de competências. O compromisso do empregado com a empresa permite a transferência de inventário de conhecimento para a sua aplicação de forma parcial ou total.

A análise de recompensa reflete: (1) o equilíbrio entre a aplicação das competências percebidas pelo operador em relação ao retorno financeiro efetuado pela empresa; (2) o equilíbrio emocional resultante da inclusão organizacional, onde valores não financeiros entram em equilíbrio entre a organização e o indivíduo; e (3) análise da empresa quanto ao equilíbrio entre a consequência das decisões tomadas e a expectativa inicial dos trabalhos na operação.

A análise do perfil gerencial permite caracterizar o tipo de liderança e a influência sobre as decisões tomadas na rotina da operação. O perfil pode indicar tendências à informalidade,

motivações internas em direção à delegação ou ainda profissional carreirista carregando vícios (negativo) e vastas habilidades na atividade-fim da equipe (positivo).

Como apresentado na Figura 4.32, cada dado analisado tem importância sobre as várias relações econômicas integradas ao processo sócio-técnico, dentre estes: a) Análise de recompensa: o tempo de casa, a progressão salarial, e o nível do empregado refletem esta análise de recompensa, mas principalmente, a produtividade; b) Análise de compromisso: o compromisso está relacionado com o conforto de estar atuando na função e a fidelidade em relação aos líderes e às organizações; c) Análise de alocação no posto de trabalho: a ergonomia, as facilidades de processamento cognitivo, a disponibilidade do procedimento e dos instrumentos para o controle da tarefa são aspectos importantes neste caso; d) Análise de aplicação de competência: a relação do conhecimento base (curso), do conhecimento específico (formação de operador), das habilidades (tempo de experiência) e relações interpessoais (humor e tempo de experiência); e) Análise de equilíbrio emocional: a relação do trabalhador na inclusão na sociedade e na família resulta em bom equilíbrio emocional. O equilíbrio emocional mantém as funções psicológicas amarradas e em bom funcionamento, inclusive a percepção, a memória e o processamento cognitivo. O equilíbrio emocional reflete sobre o corpo através de sintomas ou doenças; f) Análise de equilíbrio das decisões: a influência dos vieses da economia, sociedade, cultura regional, cultura organizacional e perfil gerencial direto afetam o equilíbrio na tomada de decisão. Em termos diretos, relações sindicais, estabilidade de emprego, ser “dono da área”, aspectos de comportamento individual que refletem a cultura afetam o aparecimento de erros humanos; g) Análise de equilíbrio no senso de justiça: equilibrar as atenções das várias demandas da equipe e da organização, sem permitir que a relação de poder se sobreponha às decisões, demonstra senso de justiça estabelecido e equilibrado; h) Análise de cultura dominante: global versus local.

Aspectos de comportamento indicam a cultura dominante e os impactos que podem afetar o ambiente de trabalho. Assim, a memória e a atenção, além das questões relacionadas a atendimento da regra podem influenciar; i) Análise do tipo humano dominante. Baseado na resposta do coordenador sobre os traços humanos e baseados nas respostas pessoais do operador busca-se classificar em no máximo 4 perfis como principais, apresentando tendência para certos comportamentos; j) Análise de vieses organizacionais e gerenciais: verificar as questões que mais impactam na empresa e no líder sobre o comportamento da equipe, e que podem provocar o erro humano.

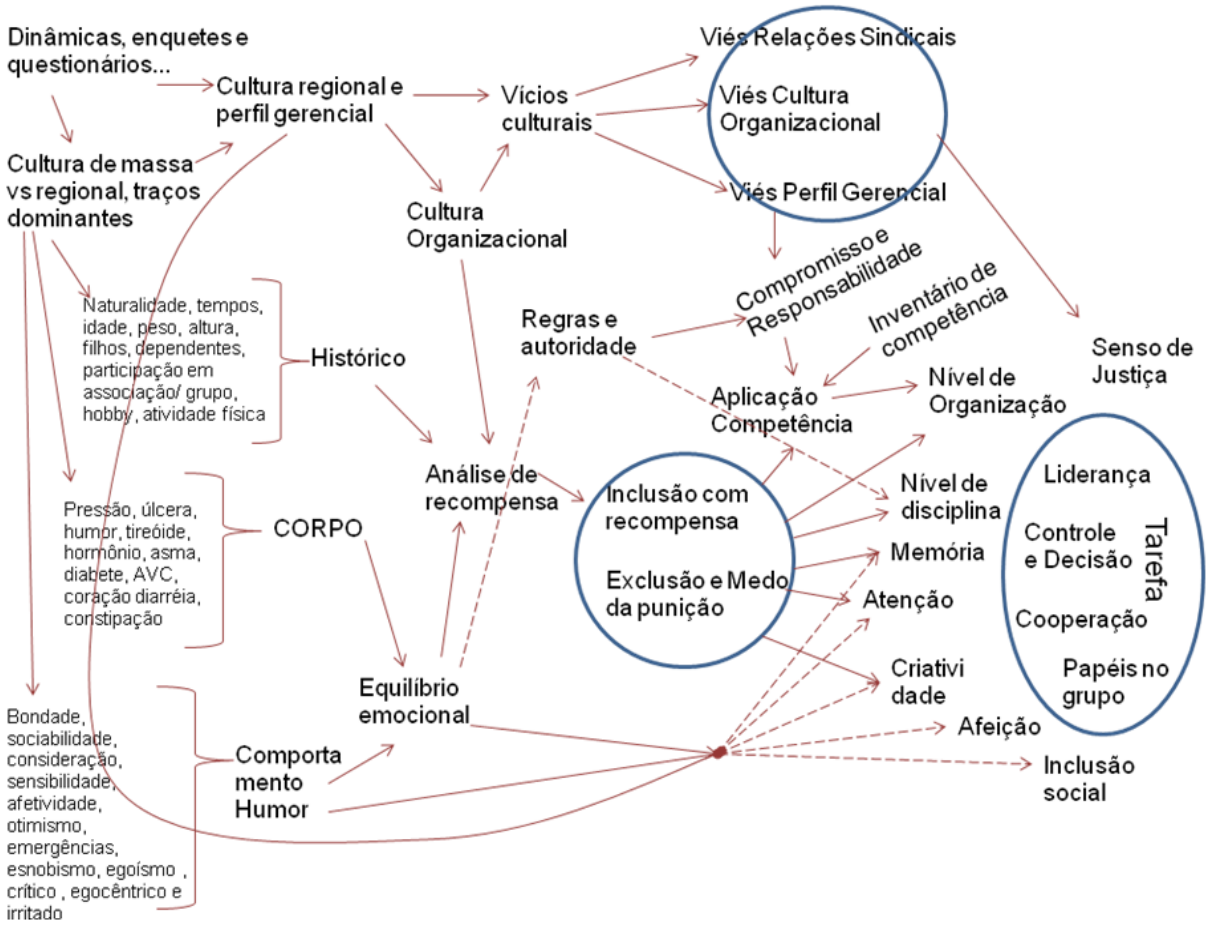


Figura 4.32 - Relações para confiabilidade na execução da tarefa.
Fonte: Autoria própria.

4.10 ANÁLISE DE AGRUPAMENTO DE EVENTOS ANORMAIS (T14)

Baseado no pressuposto de que existem informações “escondidas” no número de eventos levantados no livro de turno, por equipamento e por processo, busca-se o mapeamento para identificar tendências e regras gerais. Em 4.10.1 a análise é feita para agrupamentos de eventos no processo e em 4.10.2 a análise é feita para agrupamentos de eventos por equipamentos.

4.10.1 Análise de Agrupamento e relações em anormalidades de Processos

Na Figura 4.33 são analisados os agrupamentos de dados que podem trazer informações importantes quando devidamente tratados por ferramentas estatísticas. Cada grupo de informações é identicado por número, indica prováveis eventos em acontecimento, e é analisado através de padrão de repetição e relações diversas, acreditando assim, na existência de cronologia nos acontecimentos.

Os agrupamentos de dados são reunidos através de retângulos que circulam a série de eventos indicadas na Figura 4.33. O agrupamento 1 envolve as esferas (EF), bombas (B0303), filtros (FDCORR) na alimentação de GLP, e eventos com corrosão (CORRL). Já no agrupamento de informações 2, existe repetição de padrão, mas com certa dispersão envolvendo os compressores de ar (KAR) e de refrigeração (KR), que estariam relacionados indiretamente pelo funcionamento das válvulas de controle. No grupo 3 se relacionam vários eventos como pressão alta nos sistemas (Palta): flash (FLASH), bomba do flash (condensados – GA107), tanque refrigerado, e a bomba (TQ72, GA106), indicando que as oscilações de pressão na planta podem provocar oscilações no circuito de flash e tanque de refrigerado. No cluster 4, onde eventos gerais (GERAL) e relacionados a problemas elétricos (ELDUTO) se repetem.

Pela seta azul na Figura 4.33 nota-se que a cada 12 dias certos eventos se repetem com tendência a diminuição entre o mês de janeiro e fevereiro de 2006. Os agrupamentos de dados

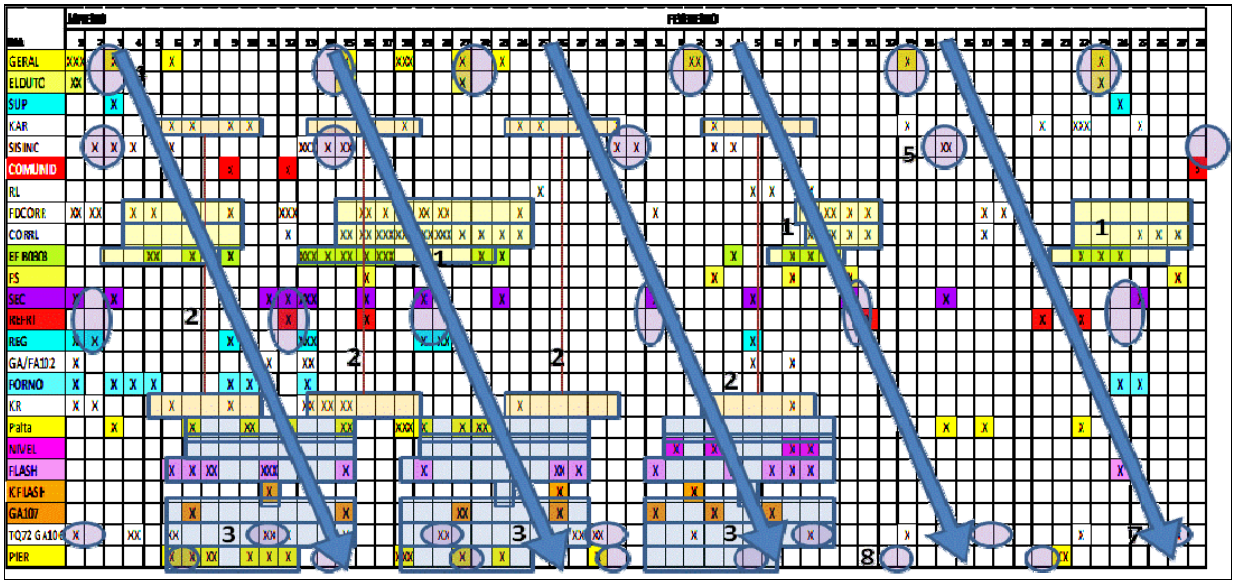


Figura 4.33 - Análise de agrupamento em anormalidades de processos.
Fonte: Autoria própria.

em 5, 6 e 8 indica o aparecimento de eventos em clusters mas não repetido por frequência certa. Em 5 representa eventos com sistema de incêndio (SISINC). Em 6 eventos, são indicados eventos que envolvem a refrigeração (REFRI), e em 8 eventos no píer. Devido a maior densidade de dados e também devido a indicadores relacionados ao desempenho da planta, conclui-se desta análise pela escolha do cluster que envolve filtros, ou filtragem incluindo eventos com a esfera e as bombas.

4.10.2 Análise de agrupamento e relações em anormalidades de equipamentos

Os eventos relacionados a equipamentos foram lançados na planilha de agrupamentos, sendo que, em alguns casos, vários equipamentos relacionados fazem parte do mesmo grupo, tendo densidade de dados suficiente para interpretação sobre os *clusters*. Os comportamentos identificados foram: no item geral relacionando sistema de incêndio, fornos, píer, geral e administrativo; em alimentação estão os sistemas de bombeamento, filtros e esfera; na secagem/refrigeração estão presentes eventos com trocadores, torre e vasos; já na refrigeração estão presentes eventos com válvulas de controle e bombas; no flash e refrigerado, identificaram-se eventos com válvulas motorizadas, nível, compressor, linhas e tanque refrigerado. Muito embora houvesse a pesquisa por equipamento seguindo, na média, a direção do processo, o padrão de repetição deslocou o item compressor de flash para próximo à refrigeração e o item compressor de refrigeração para próximo a refrigerado.

Enfim como apresentado na Figura 4.34, os clusters escolhidos para análise foram: (A) coincidentes com alinhamentos e refrigerado, apresentando maior densidade de dados e coerentes com acontecimentos relacionados à pressão alta, às válvulas motorizadas e a eventos nos refrigerados; (B) coincidentes com a secagem e a refrigeração, agrupamento 2, onde os eventos de ar comprimido e das bombas estão distribuídos no período; (C) coincidentes com a secagem e a refrigeração, agrupamento 1, onde eventos com os vasos de processos e as torres de secagem podem ser analisados; (D) coincidentes com a alimentação onde os eventos envolvendo filtro, bomba e esfera são agrupados. Aparentemente, o cluster A é o mais significativo, tanto pela quantidade de dados e quanto pela repetição e, dentro deste agrupamento eventos com alinhamento através de HVs e envolvidos com controle de pressão. Assim, existem algumas opções para analisar o comportamento de dados discretos, no caso de

equipamentos: (1) todos os eventos listados, (2) eventos com a motorizada (HV) e que envolva pressão, (3) eventos do cluster A.

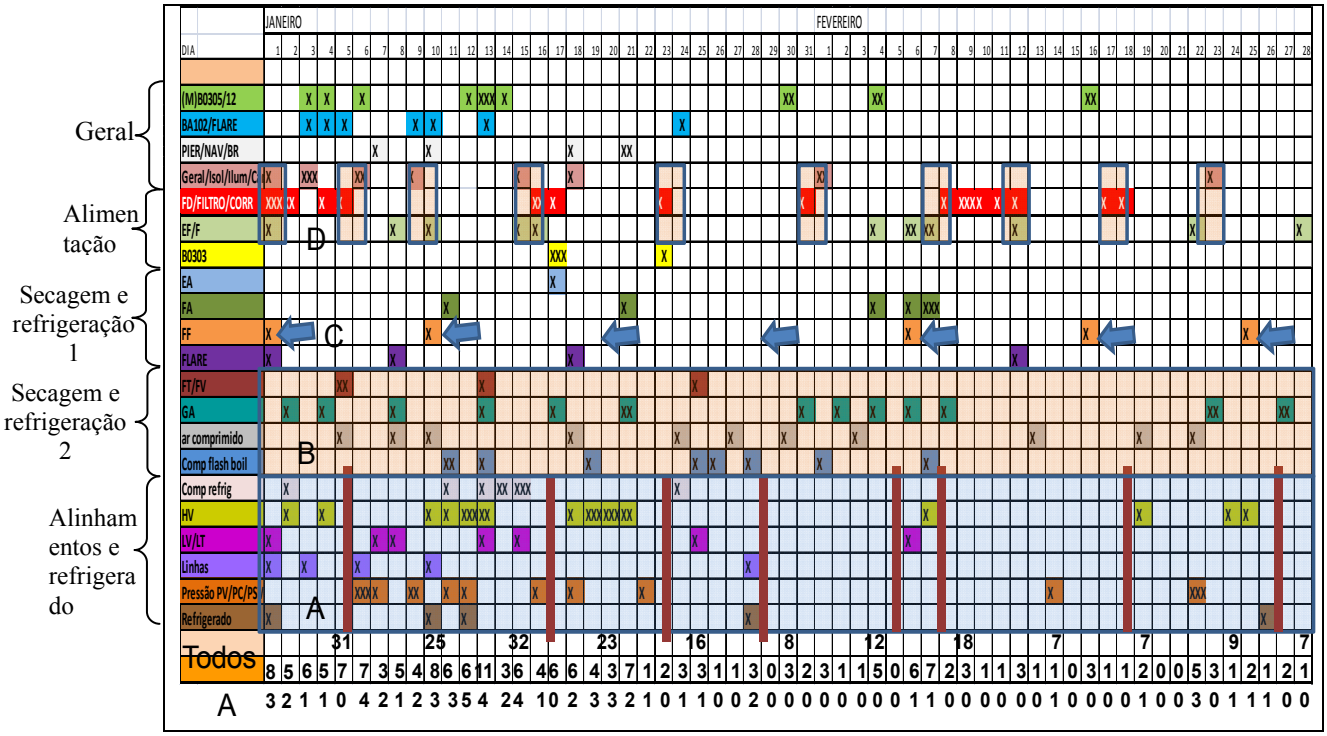


Figura 4.34 - Análise de agrupamento e relações em anormalidades de equipamentos.
Fonte: Autoria própria.

(Conclusão PCA16/16 – clusters) Escolha de dados na seguinte ordem: alimentação (filtros+bombas+esferas), alinhamentos (HV com pressão).

5 RESULTADOS

Com a implantação da metodologia em ambiente de processamento de gás seguindo a ordem lógica e cronológica indicada nas Figuras 3.2, 3.3 e 4.1, foi possível corroborar conceitos, técnicas e procedimentos discutidos nesta pesquisa. Nesta aplicação houve preocupação em testar os métodos e validar estatisticamente as hipóteses. Já nas indústrias químicas onde foi aplicada a etapa de tipologia técnica foi possível medir os resultados após testes de campo e a mudança de padrões. Estes resultados alcançados são citados como referência quanto ao que pode ser alcançado com esta metodologia.

Os resultados da pesquisa são divididos em dois tipos: (5.1) aspectos gerenciais para a tomada de decisão que inclui a preparação de programas e de treinamentos para adequação de competências e (5.2) desenvolvimento de ferramenta para análise da força da falha através de procedimento para cálculo matemático.

5.1 ASPECTOS GERENCIAIS PARA A TOMADA DE DECISÃO

A identificação da tipologia técnica, humana e social permite a tomada de decisões em direção à maior eficiência organizacional que é representada pela função objetivo do projeto, lucro bruto e imagem. Onde as perdas de processo são diminuídas através de Programas gerenciais nas áreas de estabilização de processos e confiabilidade humana.

Inicialmente é importante definir quais os possíveis parâmetros para medição de margem de lucro bruta (5.1.1) indicando assim a forma de medir os resultados dos programas implantados. Em seguida é importante comparar os trabalhos realizados anteriormente na indústria química com o caso atual no processamento de GLP (5.1.2). Possibilitando então a apresentação dos resultados de forma comparativa entre plantas químicas e o caso do GLP desenvolvido nesta última pesquisa.

Assim, se torna possível apresentar Programas gerenciais e oportunidades para incremento da confiabilidade humana e estabilização dos processos industriais.

5.1.1 Discussão sobre a função objetivo: Margem de Lucro bruto

A margem de lucro bruto é constituída por componentes de custo de produção e componentes relacionados à imagem da empresa. Ambos os aspectos são influenciados direta e indiretamente pelos vários itens relacionados a perdas de processo. No caso dos componentes ligados a imagem da empresa pode-se afirmar que após acidentes e incidentes graves, ocorre aumento nos custos de renovação do seguro, custos de tomada de empréstimo em bancos e até redução do valor de mercado de ações, levando no final para a redução de faturamento da empresa.

Na Figura 5.1 são descritos os componentes da função objetivo que podem ser medidos para análise de resultado nos programas relacionados a perdas de processo como indicado na Figura 4.2 deste trabalho.

A margem de lucro bruto aumenta quando os custos diminuem em relação às situações passadas, assim, o maior faturamento e o menor custo indicam o incremento do lucro bruto. A diferença de faturamento (ΔFAT) é influenciada pela perda de produção devido a paradas (E); pela perda de faturamento devido a produtos com especificação reduzida (H); por perda de prazo na entrega para cliente (I); por baixa carga de produção (M); e devido a crédito reduzido por imagem negativa (R/S).

A diferença de custo baseado na aquisição de materiais ($\Delta CUSTO_{mp,is,uts,mat}$) se deve, principalmente a: reprocesso (G); falha na reação (K); baixa eficiência nas operações de separação (L); aumento no consumo de utilidades (N) e peças de reposição (J). Em termos de custos relacionados com a produção e equipe ($\Delta CUSTO_{opm}$) se deve principalmente a: rendimento no trabalho da operação (A); rendimento no trabalho de manutenção (B), retrabalho na operação e na manutenção (C/D); aumento de custo fixo devido à parada não programada (F); e elevação do custo de reprocesso. Ainda na análise de custo de produção existem os aspectos relacionados à imagem da empresa, assim ($\Delta CUSTO_{Ef,\ IMA,\ IM}$): custo de efluente (O); multas sobre o efluente, trabalhista e pelo cliente (P/Q); e custos de renovação do seguro (T). Para finalizar falta somente analisar o incremento de custo por baixo rendimento da planta devido a projetos inadequados (U).

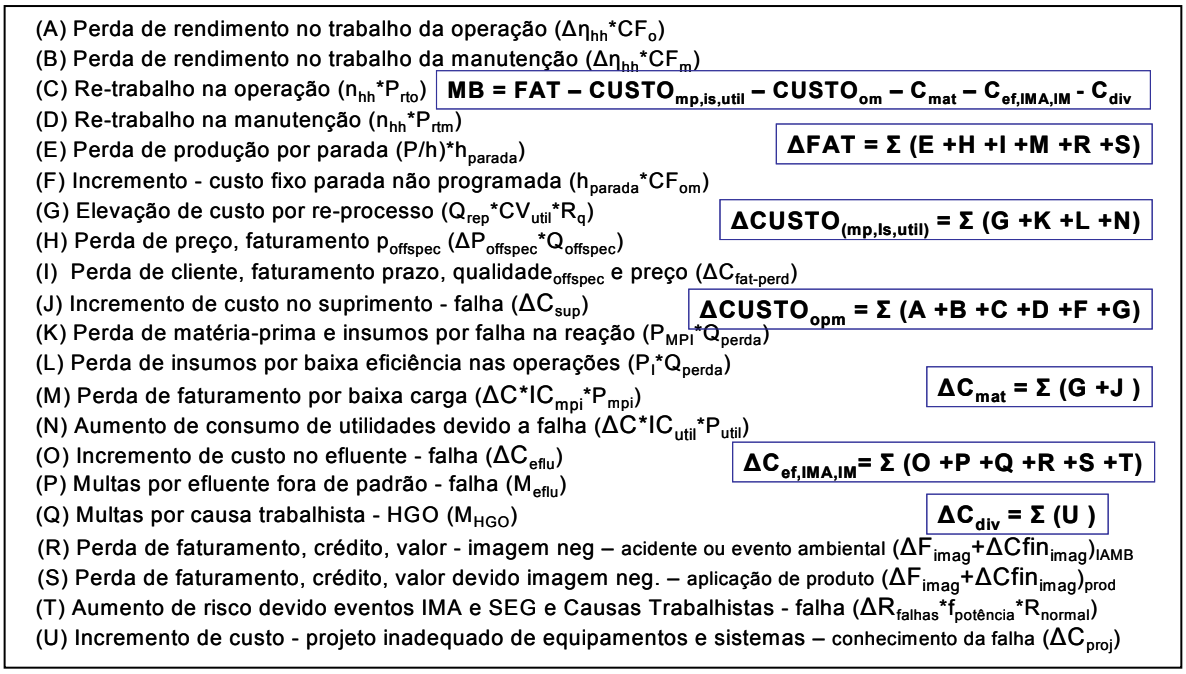


Figura 5.1 - Componente da função objetivo referente à eficiência organizacional.
Fonte: Autoria própria.

5.1.2 Comparação entre casos já aplicados

No período entre 1992 e 1998 foram desenvolvidos os casos 1, 2 e 3 na indústria química com foco principal na identificação do comportamento da tecnologia para a estabilização de processos. A implantação de alteração de padrões e de procedimentos além do investimento em instrumentos e equipamentos permitiu atingir resultados de incremento no lucro bruto. Em 2008/2009 foram realizados trabalhos com aplicação da identificação de aspectos técnicos, humanos e sociais em empresa de energia para definir programas gerenciais nas áreas de estabilização de processos e confiabilidade humana.

Como apresentado na Tabela 5.1, os casos da indústria química são de empresas privadas na área de produção de insumos para plásticos (policarbonatos e poliuretanas) e para agrotóxico (alquilaminas) diferente do caso da indústria de energia que é empresa pública de processamento e logística com GLP. O objetivo principal do trabalho diferiu nos quatro casos onde, no caso 1 foi a redução de custos, no caso 2 aumentar a continuidade, no caso 3 diminuir perda de solvente e no caso de gases, diminuir riscos de acidentes com a

comunidade. Todos os casos estão relacionados com perdas de processo. Os trabalhos de identificação/análise de comportamento humano e análise de competência foram desenvolvidos com maior detalhamento no caso do processamento de gases.

Tabela 5.1 - Comparação entre casos com aplicação parcial.

Aspectos	Caso 1	Caso 2	Caso 3	Gases
Produto Uso	Alquilaminas Agrotóxico	MetilDifenil amina Poliuretana	Policarbonato Plástico engenharia	Gás Liquefeito Petróleo Energia
Tipo	Privada	Privada	Privada	Pública
Atividade	Indústria	Indústria	Indústria	Serviços e Indústria
Objetivo	Reduzir Custos	Aumentar Continuidade	Diminuir Perda de solvente	Diminuir Riscos de acidente c comunidade
Técnicas TT	MEA/REA/ EVA	MEA/REA/EVA/AEP/ Padrões	MEA/REA/EVA/AEP/ Padrões	MEA/REA/EVA/AEP/ TAREFA (Padrão/Falha/Emergência)
Técnicas THS	NA	Padrão na Equipe, Agregação	Padrão na Equipe, Vícios	Comportamento e Padrão na rotina e estresse
Competência	NA	Desenvolvimento, Auto-gestão	Treinamento	Análise de competência
Ferramenta matemática	Estatística	Estatística	Estatística	Estatística, PCA, Heurística, Falha

Fonte: Autoria própria..

5.1.3 Resultados técnicos, humanos e sociais

Os resultados técnicos, humanos e sociais são apresentados nas Tabelas 5.2, 5.3 e 5.4. Em termos comparativos se faz a análise do caso de GLP em conjunto com os casos da indústria química indicando as possibilidades de resultados reais.

5.1.3.1 Resultados técnicos de Estabilização de processos

A definição das variáveis de processo para acompanhamento prevendo o suporte para mudança de procedimentos e padrões foi o principal resultado deste trabalho na empresa de GLP enquanto que o enquadre em 5 sigmas aumentando a capabilidade dos processos no caso

2 e 3 foi o resultado prático alcançado. No programa técnico para estabilizar processos foram identificadas ações que envolvem a presença de sólidos e a operação de válvulas motorizadas com grande possibilidade de aumentar a disponibilidade dos processos (meta esta atingida nos casos 2/3). Ao mesmo tempo em que, nestes casos da indústria química foi reduzido o consumo de peças de reposição, meta não aplicada na empresa de gases. Em termos de pessoas, houve redução de horas extras nos casos da indústria química e identificação de fatores como %dobras e ociosidade técnica que são indicadores importantes para o incremento da confiabilidade humana. Na área de acidentes e de incidentes foram desenvolvidas técnicas apropriadas para GLP enquanto que no caso 2 ocorreu ganho explícito de redução de acidentes com revisão das tarefas. Na análise direta de perdas de processo nota-se a grande perspectiva de aumentar carga, diminuir paradas não programadas e diminuir consumo devido à redução de pressão e de envio de GLP para *flare*. O local validado da causa raiz no caso 2 é estabelecido na linha de reciclo, no caso 3 nos padrões técnicos e gerenciais inadequados, enquanto isto, no caso de gases o local está na baixa qualidade de matéria-prima, em contratos de manutenção inadequados e na necessidade de ajustes de competência. Estes locais da causa raiz no caso de GLP serão validados com a implantação dos programas técnicos e gerenciais.

Tabela 5.2 - Resultados dos programas de estabilização de processos

Resultados	Caso 2	Caso 3	Gases
Variáveis processo controladas	70%	80%	12 variáveis est.
Indisponibilidade Equipamento (redução)	60%	70%	sólidos e válvula motor.
Reduzir consumo peças de reposição	20%	40%	NA
Redução de Hora extra (meta 0,5%)	1,5%	1%	Estudo de dobras e Ociosidade Técnica
Acidente (afastamento/ ano) e incidente	1 acidente a.a.; 4 incidentes a.a.	NA	Estudo FTA incêndio com bleve
Redução de Efluente e Emissões	50% efluente	50% efluente	Reduz. Pressão, dim. flare
Maior Carga/menor descontinuidade	+15% carga; -50%descontinuid.	+10% carga; -30% descontin	NA
Diminuir Índices de cons. (R perdas)	MP - 20%	Insumo – 15%	Menor Pressão, menos perdas
Causa-raiz	Reciclo/ vazão de Matéria-Prima	Padrões técnicos, gerenciais	Qualidade MP, contrato manutenção, competência

Fonte: Autoria própria.

5.1.3.2 Resultados técnicos de Análise da tarefa

Os métodos para análise da tarefa padrão, em falha e em situações de emergência foram desenvolvidos e aplicados na empresa de GLP. Em termos comparativos, sem seguir procedimentos estabelecidos de análise da tarefa, foi feita a revisão de 19 procedimentos no caso 2, de 14 procedimentos no caso 3 e de 6 procedimentos no caso de GLP. A análise de falha operacional com impacto na operação foi aplicada para os casos 2 (12 cadeias de anormalidades), 3 (23 cadeias de anormalidades) e foi aplicada na operação e sistematizada para a área de segurança no caso de GLP (24 cadeias de anormalidades na operação e 8 cadeias de anormalidades relacionadas à segurança). As técnicas de analise de risco e dinâmica de estresse que consideram o fator humano na decisão de ações para o incremento de confiabilidade humana foram desenvolvidas e aplicadas no caso de gases.

Tabela 5.3 - Resultados na aplicação de análise da tarefa

	Caso 2	Caso 3	Gases
Revisão de tarefas	16 op, 2 lab e 1 Pr	6 op, 5 pr, 3 ger	Secagem/ regeneração
Projeto de tarefas	NA	NA	Todas tarefas sistematizadas, foco na secagem e regeneração
Análise de falha nas cadeias de anormalidades	12	23	24 cadeias de anormalidades, 8 com analise de falha para acidentes
Análise de Risco	NA	NA	Técnica adaptada do LOPA (camadas) com Fator H e FTA (árvore de falha)
Dinâmica de Emergência	Transbordo de reator, mudança de sinal	NA	Workshop com dinâmica de estresse
Documentação e manuais para tarefa	Manuais para multiplicadores e padrões na operação	NA	Padrões na operação para prevenção da falha

Fonte: Autoria própria.

5.1.3.3 Resultados Humano sociais

A metodologia desenvolvida e aplicada na área de confiabilidade humana é de aceitação rápida e de resultados em amplo espectro devido a trabalhar com o comportamento da força

de trabalho de forma intrínseca, em modo *bottom-up*. O primeiro diagnóstico é a identificação da anatomia da falha (cadeia de anormalidades) para facilitar a decisão e a identificação da cultura técnica para analisar a competência. O comportamento é consequência das relações sociais, da inserção do discurso do gerente na força de trabalho e dos riscos de incidentes e acidentes no ambiente de trabalho. Assim, o uso dos dados da rotina e a mudança de padrões e procedimentos em consenso com a equipe de turno apresentar resultados positivos em termos de motivação indicado pela maior participação nas atividades sociais externas e nos trabalhos de sensibilização em confiabilidade humana. A identificação dos padrões de comportamento social e técnico é essencial para a realização de treinamentos para multiplicadores nas turmas de turno. Estes manuais, a formação de lideranças, o desenvolvimento de trabalhos a partir da cultura técnica permite atingir o nível de autogestão na empresa, no caso 2. Já no caso de gases foram desenvolvidos diagnósticos de equilíbrio emocional do grupo, análise de competências, agregação de equipes, nível de compromisso e processos em liderança. Para finalizar o importante procedimento de comportamento sob estresse permitir desenvolver senso crítico na equipe de operação e viabiliza a participação de grupos em análise de risco.

Tabela 5.4 - Resultados na identificação de elementos para análise de confiabilidade humana e dos ambientes socioeconômicos

Aspectos	Caso 2	Caso 3	Gases
Motivação (participação voluntária)	Eventos sociais (75%)	Eventos sociais (65%)	Boa participação no Workshop para CH (acima de 40%)
Padrão de comportamento	Padrões aplicados e preparação dos manuais	NA	Padrões em aplicação, manuais de assuntos diversos em programação
Análises e Diagnóstico	Autogestão	Treinamento e Funções	Equilíbrio Emocional; Agregação de Equipes; Papel das Lideranças; Compromisso; Atuação sob estresse

Fonte: Autoria própria.

5.1.4 Programas gerenciais para incremento na Confiabilidade Humana

Com a implantação dos métodos de identificação dos comportamentos humanos, sociais e técnicos frente à falha na tarefa se torna possível propor programas gerenciais para ajuste da convivência da

equipe. O importante é reunir informações, desenvolver indicadores, e preparar procedimentos que tenham a intenção de harmonizar as equipes e promover o seu desenvolvimento em busca da autogestão. Para tal, é importante o desenvolvimento das lideranças e dos agentes multiplicadores de conhecimento. Os Programas gerenciais abaixo sugeridos têm como resultado final, o incremento da Confiabilidade Humana.

a) Incremento de Confiabilidade Humana. Disponibilizar programas gerenciais para incrementar a confiabilidade humana calculada/ estimada de forma direta ou, de forma indireta, em conjunto com tarefas no campo. A medição do incremento da Confiabilidade Humana é dada ou pela redução da taxa de falhas humanas em atividades técnicas ou pelo aumento do tempo entre erros humanos e operacionais. Este número pode ser composto também pelo volume processado, pela taxa de ocupação do homem (ou o inverso, ociosidade técnica) e pelo número de sinais de anormalidade no turno. O incremento da confiabilidade humana se dá com a atuação direta através de programas sobre os elementos identificados.

b) Análise de tarefas críticas na rotina e emergencial. Baseado na arquitetura da tarefa e na dominância global em termos de segurança se busca analisar as tarefas críticas. As técnicas utilizadas para análise da tarefa padrão, análise da falha na tarefa e análise da tarefa em falha (emergência) são selecionadas com base no critério tempo de aplicação, complexidade e resultados. Identificar o roteiro para analisar a tarefa e qual a função de cada ferramenta permitindo a escolha daquelas aplicáveis e desenvolver procedimento para aplicação. Indicar Plano de ação para implantar as recomendações indicadas na análise de falha na tarefa. Priorizar as cadeias de anormalidade e as técnicas para analise das tarefas críticas na rotina e na emergência. Preparar roteiro para formular o manual de boas práticas de forma simplificada e com as cartilhas de campo correspondentes.

c) Padrões de comportamento. Os padrões de comportamento devem ser transformados em diretrizes na rotina do trabalho. Ao menos um componente da turma de turno, podendo ser o líder formal ou o informal, é treinado como multiplicador sobre este assunto. Neste treinamento são passadas instruções sobre: entendimento sobre o relacionamento humano no posto de trabalho, os comportamentos esperados e os comportamentos não adequados na rotina, como o comportamento inadequado pode gerar um erro humano, quais os tipos humanos que são mais propensos a certos erros, como medir situações críticas no corpo social da empresa e quais ações a serem tomadas.

d) Classificação do Erro Humano. O procedimento de classificação precisa ser criado/revisado em conjunto com a produção e o RH através do *workshop* que tratará também dos padrões de comportamento e da formação de banco de dados. Este procedimento vai orientar como construir o banco de dados para tratar as questões de confiabilidade humana e estabilização dos processos. Lembrando que no procedimento, os sinais de processo, o discurso do operador e o discurso do gerente são dados que compõem a construção do erro humano ou da falha técnica. Parte destes dados já existe na área de produção, SMS e RH sendo necessário adicionar outros e sistematizar para auxiliar na classificação.

e) Adequação de competências. O desenvolvimento das competências é prioridade da Empresa visto o resultado da análise de competências. No diagnóstico sobre as competências demandadas para a tecnologia são relacionados tópicos a serem trabalhados para evitar a falha. Durante período de três anos, treinar todas as equipes sobre o modo de falha e os programas de segurança e controle como analisado e aplicar exames e dinâmicas para efeito de seleção dos líderes de turno baseado nas melhores competências, inclusive quanto a relações interpessoais.

f) Integração: rituais de inclusão da operação da e da manutenção. Os rituais de inclusão servem para aumentar a coesão dos grupos, mas devem respeitar aspectos culturais locais e às vezes entrar em choque com certas normas organizacionais. A informalidade é fator importante para facilitar a inclusão de pessoas dispersas e a inclusão das pessoas em geral em relação à instituição maior que é a organização. As atividades propostas requerem autorização da coordenação e ultrapassam o ambiente formal e de processos cognitivos entrando pela área do ambiente informal e pela relação afetiva/interpessoal.

g) Paradigmas de Gestão: produtividade e segurança. Na Gestão da rotina deve-se buscar a motivação da equipe em torno de vencer dificuldades e paradigmas estabelecidos pela cultura da empresa ou pela cultura global. Entre os paradigmas está a sustentabilidade ambiental, a necessidade de abrir a empresa em relação a benchmarkings externos de produtividade reduzindo a ociosidade técnica, incorporando os riscos de acidentes a partir da rotina da operação e desenvolvimento de habilidades para administrar conflitos entre as pessoas.

h) Instrumentos de Comunicação: ocorrências no turno. Alguns dos instrumentos de comunicação podem auxiliar na agregação dos grupos e merecem atenção no tipo de linguagem, nos códigos para viabilizar a comunicação e nas ferramentas que auxiliam a passagem da mensagem. Na comunicação escrita de ocorrências do turno, a omissão é problema onde o operador não escreve ou não executa o que foi solicitado, o outro problema é a comissão onde o operador não executa e/ou não registra da forma solicitada podendo pular etapas ou inserir etapas antes não existentes.

i) Ajustes na Equipe e Lideranças. A preparação dos líderes para crescimento da equipe independente dos ambientes envoltos (autogestão) permite o incremento de produtividade com efetividade. Através de reuniões de planejamento da equipe notam-se as deficiências das lideranças e tomam-se as devidas atitudes. Os aspectos envolvidos são diversos: equilíbrio emocional, agregação, organização, competências, treinamento, conflitos, manuais e documentos. É necessário harmonizar as equipe e mais do que isso, desenvolver líderes para atender esta importante necessidade.

5.1.5 Programa de estabilização de processos, oportunidades e técnicas sugeridas

Com a identificação de variáveis de processo, itens de medição da força da falha e eventos que estão envolvidos com cadeias de anormalidades é possível instituir um programa de acompanhamento estatístico de processos e iniciar a aplicação de testes em operação normal para revisão de padrões e de tarefas. As oportunidades são diversas na área técnica o que inclui a adequação dos sistemas de controle com ênfase no sistema de ar para instrumento, nas telas de supervisório e na melhor gestão dos riscos através da aplicação de análises e das auditorias de sistemas.

a) Programa para Estabilização dos Processos. Preparar programa para acompanhamento estatístico baseado na análise estatística de processos e de eventos realizadas com base no período de 2006. Neste programa, são propostas ferramentas para correlações, análise temporal, e construção automática de gráficos. Inicialmente as variáveis de processo escolhidas são ligadas à alimentação, compressores, refrigeração e flash. As principais variáveis que possuem comportamento reproduzível aparentemente são pressão, corrente,

temperatura quanto aos cálculos de média, desvio padrão e máximo. As variáveis de operação discutidas são ligadas a produtividade como ociosidade técnica e soma de sinais de anormalidade. As variáveis da manutenção são importantes para definir o volume de controle da falha, inclusive, neste caso, problemas com equipamentos rotativos e com as válvulas. As variáveis de produção são volume processado e consumo de energia elétrica diário. Em segurança de processos, eventos que envolvam pressão alta e equipamentos/ processos que possam vazar GLP. Do SMS são analisados os dados levando a conclusões sobre os comportamentos dos processos. Os objetivos na implantação do programa de estabilização de processos estão no incremento de capacidade do processo com o aumento de carga, da disponibilidade dos equipamentos, da diminuição de TRIPs e na redução de perdas materiais pelo *flare*.

b) Adequação no supervisório e no campo. Sabe-se que existem ajustes a serem realizados nos modos de controle do processamento de gases. São propostas para preparação de telas simplificadas nas funções qualidade, segurança e logística. Por outro lado, muitas das malhas de controle devem ter seu funcionamento melhorado, o mesmo se diz em termos de válvulas de controle remoto, sendo assim um programa para auditoria do funcionamento das válvulas de controle/ motorizadas/ solenoides é importante nas instalações industriais e em particular na instalação que processa GLP (caso de estudo).

c) Melhor Gestão de Risco, Segurança. Com a análise da falha na tarefa, a análise de emergências/contingências e a análise estatística de eventos/processos/equipamentos possibilitam a proposição de adequações técnicas e de competências para tratar de falhas. Os dados são coletados no SMS e na operação auxiliando na construção de programa para Segurança de processos onde são realizadas auditorias na calibração de PSV, para inspeção de funcionamento de equipamentos críticos e para funcionamento de Sistemas de Segurança.

5.2 DESENVOLVIMENTO DE FERRAMENTA PARA ANÁLISE DA FORÇA DA FALHA ATRAVÉS DE CÁLCULO ESTATÍSTICO (PCA)

Esta pesquisa em confiabilidade humana e operacional tem como objetivos: elaborar um algoritmo conceitual (já apresentado) que adote o PCA (análise de componentes principais), a aplicação de gráficos de dispersão para analisar a força da falha, e posteriormente (não nesta pesquisa), a correção de desempenho através do uso de modelos de pertinência, ou seja, mecânica *fuzzy*.

Neste modelo, pretende-se calcular a força da falha na predição de comportamentos da rotina de operação inserida em ambiente organizacional. Este cálculo resulta em região nebulosa que após ser comparada com padrão ótimo de comportamento (ou máximo de eficiência organizacional) apresenta diferença de comportamentos e indica tendência tanto para o erro como para o acerto. No caso de tendência para o erro busca-se alterar a trajetória no gráfico de dispersão para situações de maior conforto através de ajustes gerenciais sobre os ambientes, as ferramentas, as pessoas, os grupos e as tarefas.

O método de análise de componentes principais é simples e pode ser utilizado de forma automática através de vários softwares, no caso atual foi utilizado o MINITAB. O PCA é um método que analisa o comportamento da covariância de grande quantidade de variáveis de processo com a intenção de reduzir esta quantidade de dados com a geração de números artificiais. Os números artificiais gerados representam outros tantos números que medem a falha operacional, ou seja, que são indicadores da eficiência organizacional. Assim, no gráfico de dispersão é importante registrar a sequencialidade dos pontos e a medição da eficiência organizacional para cada ponto. Este mapeamento das eficiências permite analisar o comportamento das variáveis artificiais indicando, muito provavelmente, curvas de nível das eficiências topologicamente estabelecidas, ou ainda, nuvens de dados representando três dimensões. Como explicado, as regiões de máximo de eficiência organizacional indicam os pontos meta para o comportamento do processo. Com a medição durante a predição do comportamento é possível indicar necessidades de ajustes no processo, nas pessoas e nas tarefas.

Segundo Lindsay (2002) PCA é uma forma de identificar padrões em dados e expressar os dados para evidenciar similaridades e semelhanças. Como os padrões em dados de altas dimensões podem ser difíceis de serem detectados onde a análise gráfica é complicada de ser realizada para esta quantidade de dados, utiliza-se o PCA. Outra grande vantagem do PCA é que uma vez achado estes padrões nos dados, estes podem ser comprimidos reduzindo a quantidade com perda mínima de informação.

Segundo Lindsay, as etapas para reduzir a quantidade de dados são: (1) Calcular a matriz de covariância entre dados que se assemelham e que se pretende iniciar a compressão; (2) Cálculo de vetores e de valores (Eigen) da matriz de covariância; (3) Escolhendo componentes e formando um vetor característica; (4) Derivando uma nova série de dados.

Outras informações importantes quanto às características da ferramenta PCA são (LINDSAY, 2002; SHLENS, 2009): a covariância mede o grau de linearidade entre duas variáveis, o valor positivo alto de covariância indica possibilidade de dados correlacionados, a linearidade formata o problema como uma mudança de base, várias áreas de pesquisa buscam estender estas noções para regime não linear, estas considerações também englobam a crença de que os dados têm alta SNR (como os sinais indicam podem ser alterados por um ruído).

5.2.1 Regras de comportamento técnico, do ambiente e dos indivíduos: proposta e correção para aplicação

Após a análise das conclusões parciais em 5.2.4., é possível listar uma série de regras do comportamento que podem ser utilizadas na rotina operacional e na rotina do gerente. Estas regras são sugeridas abaixo (5.2.1.1) e após um período de convivência com as turmas da produção e a aplicação das técnicas de identificação da tipologia sócio-técnico são feitos ajustes ou correções (5.2.2.2) para aplicação destas novas regras na ferramenta gerencial buscando melhorias no desempenho dos grupos de turno.

5.2.1.1 Proposta de Regras de comportamento

Com a identificação dos sinais que podem indicar a existência de falha latente, com a sua reordenação e sua validação estatística, pretende-se construir situações em direção aos cenários mais arriscados mapeados pelo SMS[42] e pela operação da empresa. Os sinais são detectados pelo mapeamento de anormalidades na rotina (MEA), baseado na tecnologia e na Tarefa.

- Tipo de comportamento técnico, social e humano

A intenção de identificar o tipo social é verificar como os ambientes (organizacional e socioeconômico) que fazem parte das organizações provocam instabilidades no comportamento sócio técnico. Para identificar o comportamento técnico da tecnologia e da realização das tarefas, faz-se a leitura do discurso do operador e traça-se o mapa de anormalidades com a codificação do nexo causal e orgânico[43]. Desta forma, identificam-se as épocas e os parâmetros a serem analisados estatisticamente e analiticamente. Este trabalho se identifica com o levantamento do tipo de comportamento da tecnologia.

Cada fator operacional ou evento completo pode ser identificado como do tipo técnico, podendo envolver fatores humanos e sociais. Estes fatores que compõem a cadeia de anormalidades são analisados estatisticamente, enquadrando nas especialidades de manutenção e nas atividades potenciais para incidentes ambientais ou acidentes com afastamento.

A caracterização do tipo de comportamento técnico é concluída com a interpretação estatística de variáveis de processo e de operações intermitentes de transferência e de armazenamento. Esta atividade de logística envolve processos de refrigeração, compressão, incineração e secagem.

---

[42] Segurança, Meio Ambiente e Saúde.
[43] Quando o imaginário do indivíduo está envolvido com aspectos intuitivos e emocionais, dificultando a lógica do nexo causal simples.

- Análise da falha operacional em sistemas complexos

As operações de transferência de gases são simples e dependem da disponibilidade de linhas, esferas, tanques e pessoas para realizar operações. Os riscos de segurança são devido ao manuseio de líquido e gás inflamável em local de presença humana e ativa[44] na comunidade vizinha. A complexidade envolvida em sistemas de logística para transferência de gases inflamáveis reside nas várias possibilidades de alinhamentos e na qualidade não garantida do GLP, provocando instabilidades nos processos e nas operações. Outra dificuldade é o não conhecimento das cadeias de anormalidades com seus vários sinais, impossibilitando a análise de cenários críticos para incêndio e explosão e que podem afetar a comunidade.

A presença de contaminantes (sólidos, umidade e R_2S_2) no circuito de gases e a manutenção indevida podem provocar muitas intervenções nas válvulas motorizadas, levando a condições críticas de operação. Vale ressaltar o peso dos aspectos políticos sobre a falha operacional, dentre estes, a campanha salarial, os benefícios sociais e o relacionamento com os empregados na rotina dos trabalhos. A análise da falha operacional é feita utilizando lógica da falha, a cronologia, a análise da sequencia da tarefa, a conectividade e a materialização do corpo da falha operacional.

- Processo híbrido e PCA[45]: força da falha

A escolha de parâmetros relacionados com as principais restrições do processo permite utilizar até três grupos característicos que descrevem a força da falha: No Grupo 1 = a pressão do gás (Pg), presença de contaminante que aumenta volume (% cont), número de não conformidades com compressores (Nc); No Grupo 2 = eventos com filtros e coalescedor (Nf), número de não conformidades com válvula motorizada, válvula de controle e solenoide (Nm), ocupação média com segurança das instalações (Hs); No Grupo 3 = carga de processamento de gases na planta (Ca) e média de tempo com operações críticas (t).

Esta medição é feita considerando três perfis de turma de turno, levando em conta: nível de competência aplicada (conhecimento, habilidade e compromisso), nível de dispersão, levando a deslize (baixa, média), possibilidade de não seguir as regras (baixo e médio). Cada turma

[44] Pessoas que são vizinhas e participam de Associação de moradores sendo consideradas ativas politicamente
[45] Analise de Componente Principal

desenvolve um resultado no gráfico de análise de componente principal que, conforme a influência ambiental (relações sindicais e pressões organizacionais) se corrige as metas em relação ao ambiente estressante ou não estressante.

- Influência ambiental

Identificar se o ambiente é ou não estressante depende dos seguintes aspectos: época do ano quanto à campanha salarial (Tcs), percentual (%) em dobras no período (%d) e disponibilidade de produtos para processamento (% Carga). Quanto mais estressante é o ambiente, mais a resultante da PCA se afasta da meta de alto desempenho na rotina. Os ambientes de ociosidade também têm efeito de se afastarem da meta (de alto desempenho) na rotina.

- Heurísticas no processamento cognitivo

A rapidez, a nitidez e a cooperação da equipe na tomada de decisão dependem do tipo humano ou grupal presente. Assim, escolhem-se dois tipos de comportamento, em termos de rapidez com que a falha pode emitir sinais, intensificando a possibilidade de alcançar seu valor máximo: (1) a equipe que tem boa visibilidade, permitindo a construção do nexo causal, e onde as características inadequadas são cobertas por qualidades no turno, (2) a equipe não tem boa visibilidade, promovendo situações de falha, e as pessoas têm característica de memória porosa, levando a situações onde o grupo não consegue diminuir a possibilidade de falha de indivíduos.

Se a equipe referenciada em (1) estiver atuando, a resultante é a eficácia satisfatória na construção de mapas e esquemas mentais, levando ao planejamento da tarefa satisfatório; se a equipe referenciada em (2) estiver atuando, a resultante então é a eficácia não satisfatória no planejamento da tarefa, contribuindo para o incremento da força da falha e o aumento da possibilidade de acontecer o evento maior, ou seja, a falha ultrapassar o valor de referência da função objetivo (ex: perda máxima considerada de lucro e de imagem).

- Tomada de decisão e tarefa crítica

Planejar a tarefa significa verificar o ambiente de realização, resgatar informações e ferramentas necessárias para sua execução, verificar requisitos, atribuir funções, decidir a forma mais apropriada dentre as alternativas de atuação e viabilizar a sua execução.

Outro nível de análise da tarefa é verificar qual o comportamento no momento da tomada de decisão. No caso do processamento de gás, os grupos de operadores são divididos conforme o nexo causal resultante para tomada de decisão: Grupo A: tem visão ampla das alternativas, sabendo das suas consequências e promovendo agilidade e assertividade em torno da decisão - a eficácia deste grupo depende da identificação exitosa do nexo causal avaliada antes; Grupo B: tem visão restrita das alternativas, por possuir baixo resgate da memória de longo prazo (base de conhecimento) e reduzido acesso a memória de curto prazo (trabalho) levando a decisões vacilantes e incorretas, ou decisões misturadas, devido a compensações na equipe, onde também ocorrem decisões assertivas e corretas. Neste grupo (B) se instala a possibilidade alta de promover ou incrementar a falha operacional.

Após a identificação dos tipos básicos de comportamento no ambiente laboral é possível sugerir ações individuais e grupais que indicam a resposta humana para a execução da tarefa. No comportamento do operador e do processo são escolhidos parâmetros resultantes das ações na tarefa, os quais compõem a análise de componentes principais. Este cálculo, quando indica tendência ao descontrole, onde os pontos estão na direção contrária à meta, leva à transferência de registros para a memória da organização, os quais retornam influenciando no comportamento do processo. A memória passada influencia na resultante de controle (PCA), em sistemas de produção.

5.2.1.2 Correção para aplicação de Regras de comportamento

Foram sugeridas variáveis de influência ambiental nas Heurísticas citadas em 5.2.1.1. Houve falta de dados para inferir sobre as classes nesta Heurística que inicialmente tratava dos seguintes assuntos: época do ano quanto à campanha salarial; percentual (%) em dobras no

período (%d), esta adotada no trabalho; e disponibilidade de produtos para processamento refletido indiretamente através de volume processado.

No processamento cognitivo, demonstra-se que os comportamentos escolhidos para medir a rapidez, a nitidez e a cooperação da equipe na tomada de decisão foram mantidos, sendo, portanto: (1) a equipe que tem boa visibilidade, permitindo a construção do nexo causal, e onde as características inadequadas são cobertas por qualidades no turno; (2) a equipe não tem boa visibilidade, promovendo situações de falha, e as pessoas têm característica de memória porosa, levando a situações onde o grupo não consegue diminuir a possibilidade de falha de indivíduos.

A resultante deste processamento cognitivo também foi mantida, enquanto a equipe (1) estiver atuando, a resultante é a eficácia satisfatória na construção de mapas e esquemas mentais, levando ao planejamento da tarefa satisfatório; se a equipe referenciada em (2) estiver atuando, a resultante então é a eficácia não satisfatória no planejamento da tarefa, contribuindo para o incremento da força da falha e o aumento da possibilidade de acontecer o evento maior, ou seja, a falha ultrapassar o valor de referência da função objetivo.

Não foi possível confirmar aspectos sobre a tomada de decisão, sendo avaliado posteriormente para a construção da ferramenta de predição da falha.

5.2.2 Critérios e seleção para medição de eficiência organizacional

Baseado no objetivo declarado da empresa foco do estudo, nas impressões quanto ao seu papel na sociedade, nas entrevistas em conjunto com a Coordenação operacional da função de logística com GLP, e na disponibilidade de dados foram escolhidos indicadores de posicionamento quanto à eficiência organizacional e que estão relacionados ao lucro bruto e imagem da empresa.

Dentre os objetivos declarados pela empresa está o respeito às demandas da sociedade em geral e de forma específica às comunidades locais. Assim, a empresa se compromete em manter comunicações e agregar valor com a sua presença na comunidade local. Os aspectos

relacionados à segurança são implicitamente correspondidos à satisfação da comunidade pela presença de uma unidade industrial segura instalada e que, eventualmente possui ferramentas gerenciais para predição de situações de risco na sua rotina de trabalho. Assim, os sinais que indicam anormalidades devem propor ações preventivas que evitem situações de risco.

A empresa objeto de estudo, que está inserida em situações globalizadas, promove internamente a discussão quanto aos paradigmas de sustentabilidade ambiental, buscando, portanto, novos padrões técnicos e sociais. A produtividade passa a ser primordial não importando mais a origem do capital. Assim, mesmo se tratando de uma empresa de logística, esta deve adotar índices que indiquem a produtividade da equipe, bem como a adequação das ferramentas e das técnicas de trabalho.

Após a análise dos argumentos apresentados, a eficiência organizacional é medida a partir: do volume processado, que indica o cumprimento da programação de produção; da ociosidade técnica ou taxa de ocupação do operador, que indica o compromisso e a adequada aplicação deste compromisso na tarefa; e da segurança de processos e operações, através de sinais importantes já identificados nas técnicas de análise qualitativa (MEA) e quantitativa (EVA) das anormalidades.

Além dos itens enumerados (volume, ociosidade técnica e segurança de processo), seria importante incluir o custo de produção através do consumo de energia elétrica e a qualidade do GLP em relação ao etano; porém, neste momento, a indisponibilidade de informações não possibilita a inclusão destes itens.

5.2.3 Análise e escolha de agrupamentos para PCA: conclusões parciais

As conclusões parciais de cada técnica utilizada levaram a observações de aplicação sobre a metodologia do PCA, assim, foi necessário o seu agrupamento conforme discussão a seguir.

Anormalidades (conclusão PCA1/16). A presença de sólidos no circuito de alimentação afeta válvulas, bombas e esfera. A pressão alta pode ser provocada por baixa operabilidade das válvulas de controle e das motorizadas. O problema de ar comprimido impróprio a presença

de excesso ou oscilações de unidade e contaminação por compostos sulfurosos potencializam as falhas.

Processo (conclusão PCA2/16). A indicação de pressão antes (média) e depois na refrigeração (soma de desvio padrão) pode indicar tendências da qualidade e da segurança do processo. O acompanhamento de máximo de pressão de descarga das bombas de GLP pressurizado é discutido, mas a soma do desvio padrão é mais significativa. Para o conhecimento sobre a falha é importante analisar: a soma dos desvios padrões da amperagem do GB101; a soma dos máximos de amperagem neste compressor; e a soma da pressão de óleo de lubrificação do flash.

Logística (conclusão PCA3/16). Como as operações de logística estão amarradas a prioridades de entrega de material processado para atender às disponibilidades de navio e de GLP no fornecimento, as atividades desenvolvidas em bloco não trazem muitas informações numéricas e sim decisões discretas sobre a ação a ser realizada.

Operações (conclusão PCA4/16). O percentual de dobras pode ser um fator importante para indicar propensão ao erro, o baixo volume processado, e o aumento de sinais de anormalidades. A soma de sinais de anormalidades traz significados importantes para a análise e atende como indicador de eficiência organizacional, assim como o volume processado de GLP (cuidado deve ser tomado devido a qualidade desta informação no livro de ocorrências). O número de horas por operação e por operador indica complexidade da tarefa e empenho de realização, podendo ser um indicador de motivação e de competência aplicada na realização da tarefa. Deve-se levar em conta o reforço no turno para operabilidade da planta, como a presença de operador redundante na emissão de PT.

Manutenção (conclusão PCA5/16). É importante, como já comentado nas anormalidades, incluir eventos que reúnam três blocos e que aparecem aqui na manutenção também: eventos envolvendo as válvulas (22% das citações); eventos envolvendo os filtros, coalescedor (11%); e bombas de pressurizado e esfera, que pode estar relacionado à possibilidade de pressão alta.

Segurança de processos (conclusão PCA6/16). Neste item foi reafirmada a importância de analisar pressão alta no sistema. Eventos com o sistema de incêndio e de intertravamento do forno podem ser indicadores que levem à falha de segurança de processo na predição;

portanto, as falhas em teste devem ser incluídas. Nos registros de SMS chama-se a atenção para eventos com curto e eventos relacionados à comunicação para controle de processos.

Análise da tarefa (conclusão PCA7/16). As técnicas identificadas nesta etapa de projeto vão auxiliar na escolha de ações preventivas para melhorar a posição da variável artificial resultante dos agrupamentos de variáveis, no que se refere à tarefa: esforço cognitivo (respeitar a oferta da equipe), dominância em segurança, paralelismo e complexidade da tarefa, além da necessidade de alterações no perfil para finalizar as atividades de campo dentro de certa flexibilidade (boas práticas e competências em processos de falha).

Análise de falha na tarefa (conclusão PCA8/16). A análise de falha na tarefa tem a principal utilidade de preparar o material de treinamento para formação de competências processuais sobre a falha. Na escolha da área de fornos chamou-se a atenção para os riscos envolvidos, embora, não haja informação que atenda à necessidade deste instrumento, já que a probabilidade de tal evento é muito baixa e não é um problema sócio-técnico latente; aparentemente, é uma questão mais tecnológica e localizada.

Comportamento em emergência (conclusão PCA9/16). A mesma conclusão anterior serve para a situação atual, onde o principal objetivo técnico desta análise é aprendizagem. Na dinâmica nota-se um ambiente ainda “morno” em termos de estresse, chamando a atenção para aspectos na área de compromisso e formação de competência que estão nas correções a serem realizadas para enquadrar a variável artificial dentro da melhor eficiência organizacional.

Equilíbrio emocional, sociabilidade (conclusão PCA10/16). Os comentários ligados às conclusões de 10 a 14 não se referem a dados para compor as regras de comportamento humano e social, destinam-se para a preparação de programas que vão corrigir aspectos da tarefa, revisando assim, os resultados medidos e lançados no PCA. Não houve consenso nas respostas dos dados sociais apresentados de forma direta em relação aos questionários que tratam o assunto de forma indireta. Apesar das diferenças, nota-se a necessidade de aumentar as integrações organizacionais e sociais promovidas pela empresa.

Equilíbrio emocional, saúde (conclusão PCA11/16). Existem indícios de necessidade para ajuste no perfil quanto ao equilíbrio emocional. O trabalhador equilibrado tem como resultado

a aplicação correta das faculdades cognitivas, são atenciosos, tem memória boa e disponível, possui construção de mapa mental satisfatória, bom nível de comunicações e boa localização espacial. Assim, no PCA, a realocação de pessoal e o treinamento em aptidões e habilidades específicas podem ser instrumentos de correção de desempenho.

Grupo (conclusão PCA12/16). Na medição realizada, nota-se que a média está muito próxima ao padrão desejado, mas casos isolados levam a detectar ruídos na formação dos laços sociais e após a comparação entre valores individuais e organizacionais indicasse que podem ser realizados trabalhos para aumentar o vínculo do homem à organização. Esta conclusão é adicionada às anteriores e confirmada quando os movimentos (sinais de) desagregadores são maiores do que os agregadores de equipe.

Liderança (conclusão PCA13/16). Existem informações conflitantes neste item, mas que mostram o potencial de trabalho para adequação dos perfis de liderança. A necessidade de inclusão se confirma, assim como a de agregação da equipe, mas o ambiente é propício às mudanças necessárias. Os líderes precisam ser ajustados de forma a trazer maior eficiência organizacional para a empresa: incremento de volume processado com segurança e com mínimo de ociosidade técnica. Ajustes na liderança são usados para corrigir as variáveis artificiais após alterações na liderança, adequando assim a eficiência organizacional.

Compromisso (conclusão PCA14/16). Os dados e as informações analisadas (afastamento, progressão, dependentes e etc.) sugerem a formação da equipe com compromissos e características diferenciadas. A conclusão principal é a necessidade de homogeneização considerada como ação corretiva para o ajuste de eficiência organizacional ajustando a medição artificial no PCA.

Competência (conclusão PCA15/16). Dependendo do agrupamento que precisa ser corrigido, pode-se buscar adequar a competência instalada com base nas identificações já realizadas. A identificação destas situações ativa a necessidade de treinamentos sobre os processos de falha, trazendo como consequência indireta a maior integração da equipe (este treinamento usa os próprios líderes como multiplicadores de conhecimento).

Clusters (conclusão PCA16/16). Escolha de dados na seguinte ordem: alimentação (filtros+bombas+esferas), e alinhamentos (HV com pressão).

5.2.4 Escolha de dados de entrada e de eficiência organizacional para aplicação

a) Discussão sobre os dados de entrada no PCA

Em linhas gerais, a escolha das variáveis discretas para o cálculo de análise de componentes principais é baseada nos seguintes critérios: (1) desempenho nos gráficos de número de anormalidades por item de manutenção, de equipamento e de processos; (2) interpretações das cadeias de anormalidades e itens de controle sugeridos; e (3) agrupamento de eventos relacionais ou ainda repetição em diagrama discreto por processo e por equipamento. Os dados discretos escolhidos para a entrada na análise de componentes principais estão listados na Tabela 5.5.

b) Dados contínuos

Tirando as partes repetidas, são apresentados na Tabela 5.5 os dados de entrada escolhidos para teste de análise de componentes principais, marcados na coluna teste PCA:

c) Discussão dos dados de saída no PCA: medição de eficiência organizacional

Devido à disponibilidade de informações, foram escolhidos os seguintes itens de medição para eficiência organizacional conforme apresentado na Tabela 5.7: volume de processamento dos gases, ociosidade técnica da equipe, e número de sinais de anormalidades.

Dependendo do desempenho da organização e das variáveis escolhidas, a eficiência organizacional pode ser localizada em forma de “nuvens” ou “faixas de curvas de nível”. A eficiência organizacional pode ser identificada em gráfico de duas (x, y) ou três (x, y, z) dimensões, pode ser identificada por tipo de item a ser medido isoladamente ou pode ser uma soma ponderal percentual dos itens (forma escolhida), como indicado na Tabela 5.6.

Tabela 5.5 - Entrada de dados para o PCA.

Tipo de dado		Variável de entrada ou medida	Relação com	Disponibilidade para uso PCA	Palavra chave	Teste PCA
Disc	Cont					
		Anormalidades nas válvulas de controle, motorizadas e solenoides	Pressão alta nos sistemas e operabilidade da planta	Disponível	Operação	**C1**
		Por agrupamentos: HV e eventos com pressão	Facilidade de alinhamentos e abertura de PSV	Disponível	Segurança	**C1**
		Indicação de média de pressão na entrada, de desvio padrão na saída da planta, e soma do desfio padrão na descarga da bomba de pressurizado	Pressão alta nos sistemas e operabilidade da planta	Disponível	Operação	**C2**
		Soma dos desvios padrões da amperagem e soma dos máximos da pressão de óleo, compressor de *flash*	Operabilidade do compressor, equipamento crítico	Disponível	Rotativo	**C2**
		% de dobras, soma de sinais de anormalidades, número de horas por operação e por operador	Produtividade da equipe e Segurança de processos	Disponível	Produtividade	**C3**
		Por agrupamentos: filtros, bombas e esfera	Presença de sólidos	Disponível	Segurança	**C4**
		Eventos com filtros, coalescedor	Presença de umidade e desempenho na pressão e vazão de alimentação, eventos com corrosão e eficiência da secagem	Parte Indisponível	Operação	NA
		Bombas de alimentação de GLP pressurizado	Vazão de alimentação, desempenho na pressão, eventos com corrosão	Disponível	Operação	NA
		Falhas no sistema de incêndio e intertravamento	Disponibilidade de atendimento segurança	Disponível	Segurança	NA
		Qualidade em umidade, etano e teor de sólidos	Operação da secagem, compressão e filtração	Indisponível	Qualidade	NA

Fonte: Autoria própria.

No volume processado, o peso estabelecido segue sua qualidade de dados, onde se tem 40% do total em relação a volume meta. Na ociosidade técnica, o valor estabelecido é de 30% do total; baseados nos sinais de anormalidade consideram-se os outros 30%. Sendo assim, na distribuição por classes tem-se:

Tabela 5.6 - Critérios e pesos para cálculo de eficiência organizacional.

Item medido	Resultado	Faixa	Valor de correção	Peso
Volume processado	Classe 1 Classe 2 Classe 3	0 até 3000 3000 até 5000 Acima de 5000	60% 90% 120%	40%
Ociosidade técnica	Classe 1 Classe 2 Classe 3	Acima de 20% 10 até 20% Até 10%	60% 90% 120%	20%
Sinais de anormalidade (no dia)	Classe 1 Classe 2 Classe 3	Acima de 5 3 até 5 0 até 2	60% 90% 120%	40%

Y = (volume/ociosidade técnica/anormalidades)
Y = f (X1, X2, X3)

Fonte: Autoria própria.

Tabela 5.7 - Análise de medições para eficiência organizacional no PCA.

Tipo de dado		Variável medida	Relação com	Disponibilidade para uso PCA	Palavra chave	Teste PCA
Disc	Cont					
		Volume processado	Produção, quantidade produzida	Disponível	Faturamento	**E1**
		Ociosidade técnica	Produtividade	Disponível	Custo	**E2**
		Número de sinais de anormalidade	Segurança de processos	Disponível	Imagem	**E3**
		Consumo de energia elétrica	Custo de produção	Indisponível	Custo	

Fonte: Autoria própria.

Discussão em torno de programas para ajustes de ambiente e sistemas sociais

Os programas de atividades enumerados na Tabela 5.8 foram amplamente discutidos e requerem novas posições da empresa e da equipe acerca do assunto Confiabilidade Operacional e Humana.

Tabela 5.8 - Ajustes sócio técnicos para programação de produção.

Tipo de informa-ção	Programa de ações	Relação com	Disponibilidade para uso PCA	Palavra chave	Teste PCA
Ajuste sócio-técnico	Preparação e depuração de banco de dados para entrada (variáveis) e saída (rendimentos)	Gestão de rotina	Em formulação	Staff	
Ajuste sócio-técnico	Treinamento específico sobre os processos de falha	Incremento de senso crítico e reflexo sobre a produtividade	Em formulação	Staff	**AST1**
Ajuste sócio-técnico	Treinamento e trabalhos para revisão de base conceitual	Relação interpessoal e negociação para as lideranças	Em formulação	Pessoas	
Ajuste sócio-técnico	Treinamento em aptidões e habilidades específicas	Gestão de rotina	Em formulação	Staff	**AST2**
Ajuste sócio-técnico	Campanhas de integração organizacional	Incremento do equilíbrio emocional e compromisso	Em formulação	Pessoas	**AST3**
Ajuste sócio-técnico	Campanhas de integração social	Incremento do equilíbrio emocional e contrato psicológico	Em formulação	Pessoas	
Ajuste sócio-técnico	Desenvolvimento de lideranças para agregação da equipe	Gestão de rotina	Em formulação	Pessoas	**AST4**
Ajuste sócio-técnico	Revisão de padrões em sistemas técnicos e sociais	Comportamento e transparência de objetivos	Em formulação	CEO	**AST5**
Ajuste sócio-técnico	Revisão de políticas organizacionais	Análise de compromisso e contrato psicológico	Em formulação	CEO	

Fonte: Autoria própria.

5.2.5 Processamento dos dados, resultados

As atividades para processamento dos dados envolvem o uso de softwares (*Excel* e Minitab) e o manuseio de dados gerados da tipologia técnica, humana e social. O *Excel* é utilizado na organização e tratamento dos dados antes de ser processado no minitab, logo após se usa o Minitab para análise multivariável ou PCA, e finalmente, com o lançamento das variáveis artificiais geradas se chega ao gráfico de dispersão para forma as curvas de eficiência e facilitar a interpretação da medição para predição da falha operacional. Com a análise da força da falha, parte-se para o ajuste dos parâmetros técnicos da tarefa e dos comportamentos humanos e sociais utilizando as regras já montadas em forma de mecânica *fuzzy*, também resultantes das conclusões parciais apresentadas em 5.2.3. O roteiro para processamento de dados é apresentado abaixo e discutido a seguir através das Figuras 5.2 até a Figura 5.5.

1) Construir tabela em *Excel* com os dados primários a serem utilizados no PCA conforme indicado na Figura 5.2, diferenciando entradas e medições de eficiência organizacional com os respectivos critérios para classificação;
2) Construir tabela em *Excel* com os dados selecionados e pré-processados para a análise de PCA conforme indicado na Figura 5.3;
3) Lançar os dados no Minitab e rodar os dados conforme indicado na Figura 5.4;
4) Finalmente, estruturar as respostas geradas pelo Minitab na parte de PCA (*Eigen values*) como indicado na Figura 5.5 – Resultados do PCA, e registrar os números *Eigens* resultantes do PCA, preparando a correção para lançar no gráfico;
5) Preparar gráfico em *Excel* e lançar em curvas de nível ou nuvens de dados conforme a Figura 5.5 para discussão dos resultados.

Como parte dos dados tem base subjetiva e a coleta foi feita em relatórios de ocorrências pode haver erros que refletem sobre a qualidade dos dados. Assim, o exercício realizado para chegar ao gráfico de dispersão envolvendo variáveis artificiais do PCA precisa de correções futuras.

a) Detalhando melhor as etapas

1ª Etapa. Lançamento dos dados primários

A tabela da Figura 5.2 apresenta dados relacionados à pressão (C1), à qualidade (C2) e ao compromisso de aplicação de competências (C3) na rotina do turno. Outros dados foram lançados nesta tabela, mas não foram utilizados no exercício de PCA, é o caso do agrupamento C4 relacionado com eventos na esfera, na bomba de alimentação e em equipamentos para remoção de água e sólidos do GLP.

Os dados relacionados à pressão podem ser consequência, de forma indireta de falhas em válvulas, trabalho com pressão alta sendo nomeado como C1A, e numericamente é feita a soma destes quatro dados. São inclusas em válvulas, eventos com as motorizadas, as de controle e as válvulas solenoides. Os dados relacionados à pressão podem estar diretamente ligados à indicação contínua de pressão ou variação de abertura da válvula de controle, sendo

C1B. No caso atual, é considerada a média de pressão na entrada da refrigeração e a soma dos desvios padrões na entrada e na saída.

Quando se discute qualidade, trabalha-se principalmente o desempenho do GLP na compressão quanto ao comportamento resultante dos teores de gases, butano, propano e principalmente etano. Os dados mais representativos quanto à sinalização de falhas provocadas pela qualidade, com flutuação e medição de tendências, estão na corrente (C2A) e particularmente na soma dos desvios padrões dos três compressores de flash. Outro indicador importante é a pressão máxima do óleo de lubrificação e em particular a soma destas pressões (C2B).

Embora lançado na tabela da Figura 5.2, os dados C3 referentes à produtividade que foram utilizados na entrada de dados para o PCA, acabaram não sendo utilizados na geração do gráfico de dispersão da Figura 5.5. Os dados C4 referente à qualidade quanto a sólidos e umidade não foram utilizados nem para gerar as variáveis artificiais.

Os índices que representam eficiência organizacional são apresentados na Figura 5.2. O volume em m3/dia tem classificação em três níveis e peso de 40%, a ociosidade técnica também dividida em três classes com acima de 20% na pior situação e peso também de 20%, já o número de sinais de anormalidade com peso de 40% tem na pior situação acima de 6 sinais ou eventos anormais.

			Pressão											Qualidade					
			C1A						C1B					C2A		FLASH			
			No de Anormalidade nas válvulas, pressão						Pressão					corrente				Compressor flash	
			controle	pressão	motorizadas	solenóides			Entrada Refri	Entrada Refri	Saída Refri	Saída		A	B	S		Corrente	
No	Dat	Dia sem	Número	Número	Número	Número	Soma		Média	DP	DP	Soma DP		DP	DP	DP		Soma DP	
1	1	Domingo	2	3	1	0	6		9,55	1,95	1,54	3,49		17,74	0	16,84		34,58	

					Compromisso e Competência		Qualidade e Cultura Técnica					40%				
	C2B		FLASH		C3		C4					E1	1 - 0 até3000		60%	E
	P óleo				Produtividade		No de AnormalidadeS					Volume	2 - 3000 até 5000		90%	O
	A	B	S		%	No horas por operação e	Filtro+coa+cor	Bombas pres	Esfera			processado	3 - acima 5000		120%	té
	máximo	máximo	máximo	Soma max	dobras	por operador	Número	Número	Número	Soma		m3/h	Classe		% Valor	%
8	5,53	0	4,53	10,06	0,0	1,33	3	0	1	4		5500	3		120%	

	40%				20%			40%	100%		
	E1	1 - 0 até3000	60%	E2	1 - até 10%	120%	E3	1 - 0 até 2	120%		
	Volume	2 - 3000 até 5000	90%	Ociosidade	2 - 10 até 20%	90%	Sinais de	2 - 3 até 5	90%		
	processado	3 - acima 5000	120%	técnica	3 - acima 20%	60%	anormalidade	3 - acima 6	60%	Em	
	m3/h	Classe	% Valor	%	Classe	% Valor	Número	Classe	% Valor	Eficiência global	
4	5500	3	120%	12,8	2	90%	12	3	60%	90%	

Figura 5.2 - Dados primários para o PCA.
Fonte: Autoria própria.

2ª etapa. Dados processados para o PCA

Na Figura 5.3 se encontram os dados separados e processados para aplicação direta no PCA e a respectiva eficiência organizacional global em percentagem. Assim, no primeiro agrupamento (C1) que representa a pressão, estão 3 dados para serem processados: soma de sinais com pressão e válvulas; média de pressão na entrada da refrigeração; e soma dos desvios padrões de entrada e saída da refrigeração. No segundo agrupamento (C2) estão os dados contínuos de: soma dos desvios padrões da corrente do compressor de flash e soma dos máximos de pressão da lubrificação também destes compressores. O terceiro agrupamento embora tenha sido organizado não foi utilizado para análise de componentes principais (PCA) que são dados referentes à qualidade e cultura técnica, assim, percentual de dobras e horas de trabalho por operação e por operador.

	Pressão			Qualidade		Compromisso e Competência		Qualidade e Cultura Técnica				
	C1A	C1B		C2A	C2B	C3		C3	EFICIÊNCIA ORGANIZACIONAL			
	válvulas	Pressão Refrigeração		corrente FLASH	P óleo Flash	Produtividade						
	pressão	Entrada Refri	Ent+saida	A/B/S	A/B/S	%			ESPECÍFICA			GLOBAL
Dia sem	soma	Média	Soma DP	Soma DP	Soma max	dobras	hs operação operador	Soma	M3/H	%Oc.tec	No anorm	
Domingo	6	9,6	3,49	34,58	10,06	0,0	1,33		5500	12,8	12	90%
Segunda	2	10,8	3,53	10,72	9,53	16,7	1,00		3000	20,6	5	84%
Terça	1	9,8	2,42	19,68	9,44	6,7	1,18		10000	19,1	8	90%

Figura 5.3 - Dados para aplicação do PCA**.**
Fonte: Autoria própria.

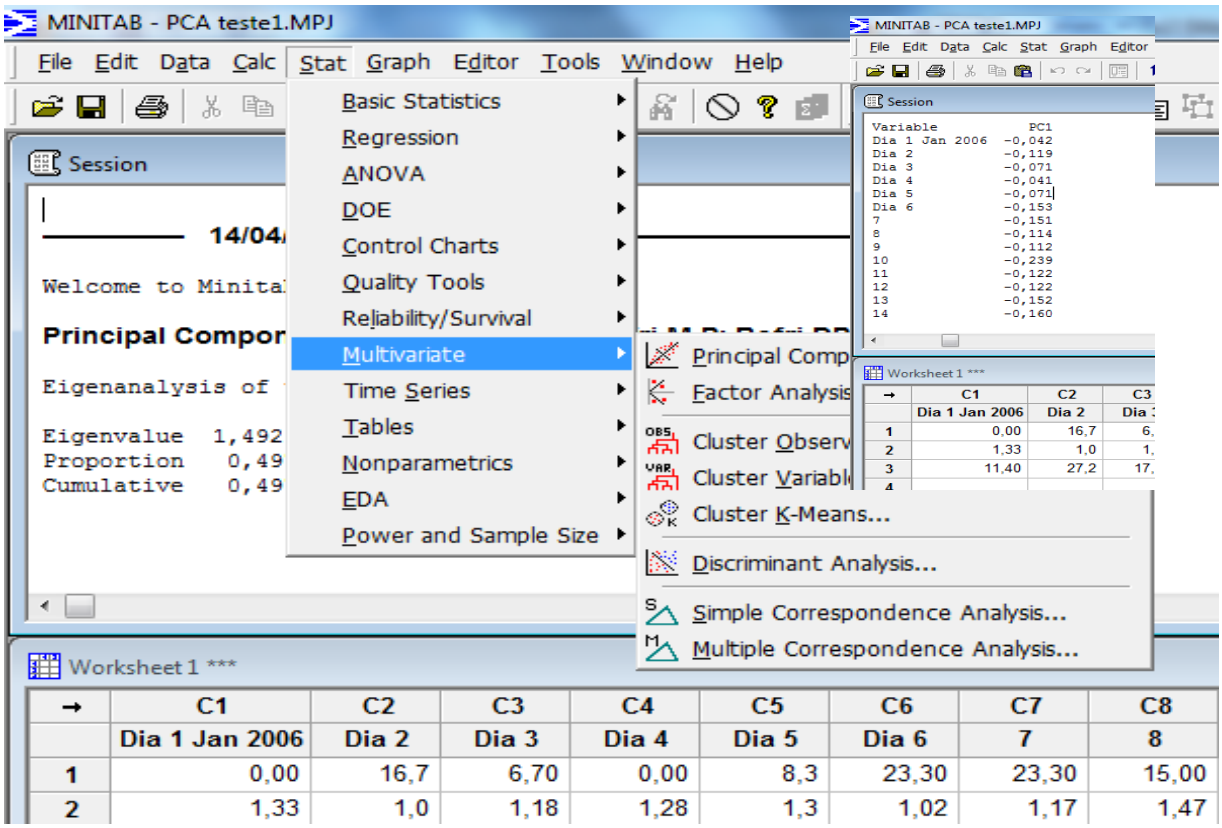
3ª Etapa. Rodando PCA no Minitab

Neste momento como indicado na Figura 5.4, os dados são lançados invertidos transversalmente onde o dia na linha de título e as variáveis que serão adensadas na coluna. Ao rodar no modo estatístico, análise de multivariáveis, análise de componentes principais, marcando a opção covariância e solicitando a geração de apenas um valor representativo gerado chega-se ao resultado abaixo. Nota-se que a maior parte dos valores gerados são negativos e pequenos.

4ª Etapa. Ajuste nos dados para lançamento em diagrama de dispersão

Como indicado na Figura 5.5, os dados são organizados onde C1, variável artificial que representa a pressão, vai se posicionar no eixo X, e onde C2, variável artificial que representa a qualidade, estará no eixo Y. Os valores artificiais são baixos e negativos sendo necessário

realizar correção multiplicando por (-) 100. A eficiência global é lançada e a sequencialidade também para identificação em cada ponto no gráfico de dispersão.



→	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	Dia 1 Jan 2006	Dia 2	Dia 3	Dia 4	Dia 5	Dia 6	7	8
1	0,00	16,7	6,70	0,00	8,3	23,30	23,30	15,00
2	1,33	1,0	1,18	1,28	1,3	1,02	1,17	1,47

Figura 5.4 - Rodando o PCA no Minitab.
Fonte: Autoria própria.

	Dia	1	2
C1 Pressão	Válv+P	6	2
	Méd Ent	9,6	10,8
mult * -100	DP E+S	3,49	3,53
-100	Eigen	-0,085	-0,18
X	corretor	8,5	18
Qualidade			
C2 Comp	amp som DP	34,58	10,72
	lub som mx	10,06	9,53
	Eigen	-0,053	-0,003
Y	corretor	5,3	0,3
Comprom	% dobras	0,0	16,7
Cultura Tec	horas p opç/opd	1,33	1,00
C3	No anormalid	11,4	27,2
	Eigen	-0,042	-0,119
	corretor	4,2	11,9
Eficiência global		90%	84%

Figura 5.5 - Resultados do PCA.
Fonte: Autoria própria.

5.2.6 Mapear eficiência organizacional e simular situação: força da falha

Como indicado na Figura 5.6, com a preparação do gráfico de dispersão ocorre o espalhamento das eficiências organizacionais na sequência dos dias. De forma mais detalhada, classifica-se as eficiências organizacionais em três faixas principais, nota-se nas linhas vermelhas, faixas de baixo rendimento (70 a 84%), no círculo verde faixa de rendimento médio (100%) e no círculo amarelo no centro, possibilidades de atingir 120% de eficiência organizacional. Nota-se que vários pontos estão fora das faixas definidas por curvas ou círculos levando a crer a necessidade de melhorar a qualidade dos dados ou do processamento de dados. Existem muitas formas de tentar melhorar os resultados, assim, aumentar a qualidade dos dados coletados; escolher outros dados já relacionados para testar na análise que foi feita em duas dimensões; realizar a análise com três variáveis; e analisar os resultados considerando outras composições de eficiência organizacional.

Como indicado na Figura 5.6, no centro de massa do círculo amarelo marca-se o ponto de máxima eficiência e em direção à maior densidade dos pontos traça-se uma reta até a curva vermelha que representa a pior eficiência organizacional. Esta altura liga o ponto de máxima eficiência (máximo de volume processado, sem anormalidades e baixa ociosidade técnica) para o de mínima que significa situação desconfortável ou o quase grande incidente ou grande acidente. Esta altura máxima no caso do exercício atual demonstrado na Figura 5.6 na seta dupla preta é de 12,5. Ao medir o processo, já com o mapeamento das eficiências organizacionais lançadas, para efeito de exercício nota-se que o ponto 25 com 96% de eficiência organizacional possui traços de falha e poderia estar mais próximo da faixa dos 120% de eficiência organizacional. Ao medir a altura referente a este ponto, passando uma perpendicular no centro de massa do ponto de h máximo e levando a reta roxa até o ponto 25, nota-se que a falha está a 40% (como indicado no cilindro da falha) do quase acidente levando a organização para investir de forma mais intensa na investigação ou solução de problemas.

Para o efeito de testar o procedimento, e sabendo que este é um método para análise de sistemas sócio-técnicos, considera-se que houve êxito na demonstração. O mapeamento do comportamento sócio-técnico, após a adoção de dados em simulação para o planejamento da produção permite localizar futuro desempenho em regiões de eficiência organizacional. Sendo assim, é possível alterar a programação de produção.

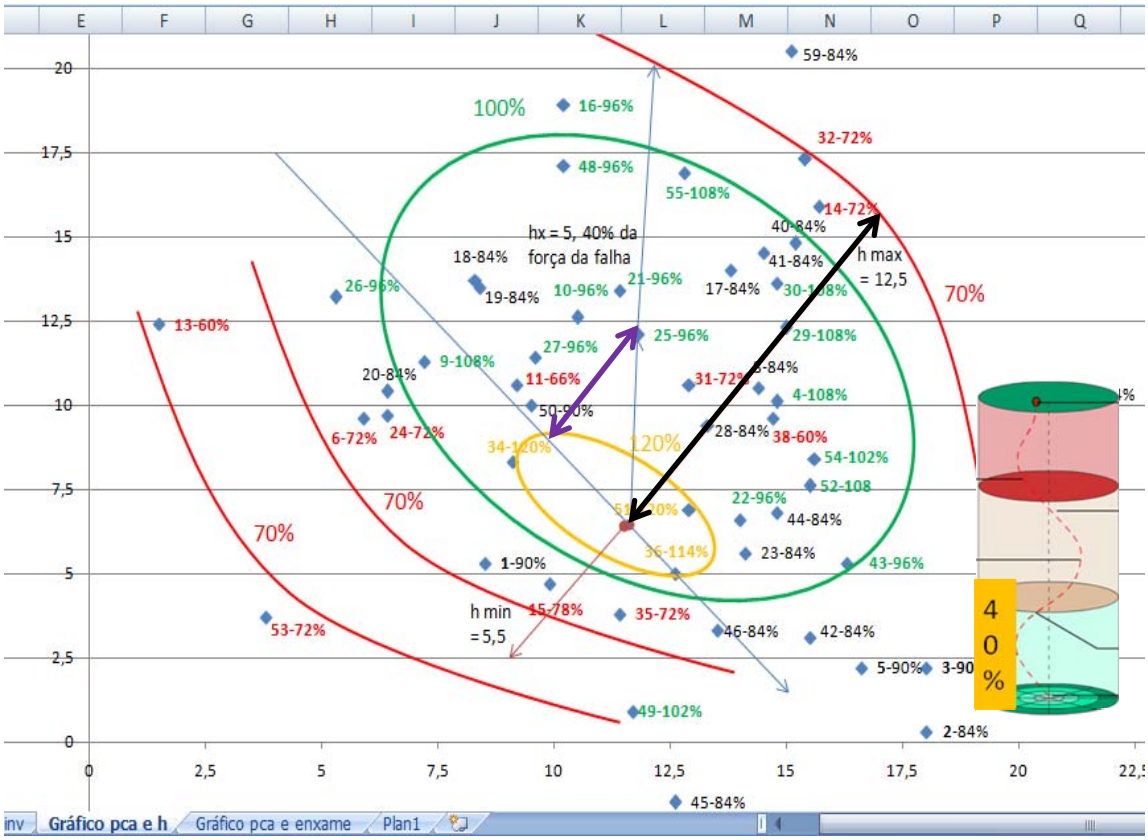


Figura 5.6 - Variáveis artificiais (C1XC2) e curvas de nível de eficiência composta com sequencia temporal.
Fonte: Autoria própria.

5.2.7 Observações finais para a aplicação do PCA

Na aplicação do gráfico de dispersão após a análise de componentes principais, é necessário corrigir a qualidade dos dados para diminuir a dispersão. Existem muitos dados que não fazem parte das curvas de eficiência organizacional indicando necessidade de ajustes.

A direção dos dados para altura máxima do cilindro da falha é definido pelo centro de massa da maior eficiência e a direção da maior densidade de dados. A medição é feita pela paralela desta reta que representa a altura máxima até encontrar o ponto medido. Assim, se torna possível estimar a força da falha no modelo de aprendizagem.

6 CONCLUSÕES E SUGESTÕES PARA FUTUROS TRABALHOS

O assunto Etiologia das anormalidades na indústria vem fundamentar a necessidade de estudos sócio-técnicos para aumentar a competitividade deste setor no Brasil. Para a academia este tópico abre horizontes por trabalhar com dados de chão de fábrica, pesquisando assim indicadores de produtividade na cultura técnica da indústria e permitindo avançar pelos dados sociais dantes não trabalhados. Para o setor industrial, permite-se agregar valor ao banco de dados operacional transformando em ferramenta gerencial para a tomada de decisão.

Os paradigmas são muitos e merecem atenção para possibilitar a análise de sistema sócio-técnico, a indústria química que tem sua tecnologia madura em termos de processo e de equipamentos, com avanços na automação, instrumentação e controle, não tem tido êxito na transformação de novos projetos em resultados consistentes, faltando analisar os temas relacionados à Excelência operacional em produtividade e em segurança. Os programas gerenciais *top-down* aplicados pela indústria como Atuação responsável e ISO-14000 não trazem os resultados esperados e efetivos, pois não conseguem direcionar a equipe de produção para a autogestão.

Através desta pesquisa foi apresentado novo tipo de investigação acerca do tipo de comportamento técnico, humano e social. A chave que permite abrir a porta desta investigação está no tipo de pesquisa com direção *bottom/up*, onde as formulações são preparadas em conjunto com a equipe de produção assim como as validações das respectivas interpretações e diagnósticos, e em seguida são conquistadas as autorizações da diretoria, de programas com visão de redução de perdas no processo produtivo incluindo, portanto, redução de acidentes e melhoria de imagem.

Um grupo de conceitos foi trabalhado para possibilitar transformar ideias em técnicas e procedimentos aplicáveis. O tratamento superficial até então atribuído a este assunto, impulsionou o pesquisador em busca de métodos que traduzissem o discurso do operador em informações que viabilizam a “melhor tomada de decisão”, que até então, na obscuridade das falhas latentes, eram posicionadas no “melhor local”. O conceito principal utilizado está baseado na extração de anormalidades, ou sinais que indicam desvios de processo, apresentados pelo livro de turno em conjunto com desempenho estatístico do processo e da

produção. O mapeamento destes sinais e a interpretação da causalidade geram na operação visão crítica quanto às possibilidades de identificar a causa raiz de falhas latentes (baixa visibilidade).

As dificuldades encontradas e anunciadas pelos artigos e relatórios públicos que analisam aspectos ligados à segurança e produtividade da tarefa se referem, principalmente, à impossibilidade de predizer a falha humana em sistemas técnicos, citando como motivo principal, a variação do comportamento humano. Ao conseguir trabalhar os sinais de anormalidade, e ao atingir esclarecimentos sobre relações de processo complexo a partir do discurso do operador, inserem-se forçosamente traços do comportamento que são esclarecidos por variações de aspectos ambientais como, posicionamento econômico, legislação - exigências da sociedade, traços de cultura social dominante no comportamento, e pensamento da cultura organizacional.

O gestor da produção que há muito buscava ferramentas para esclarecer causa raiz de falhas latentes, passa a atuar com segurança nas suas decisões quando, tem a leitura da cultura técnica definida pela tipologia ou tipo das atividades operacionais na indústria. A falha pode ser prevista tanto de forma analítica como, em futuro próximo, através de ferramentas matemáticas que seguem premissas dinâmicas dos ambientes provocando oscilações estruturais no homem, nos equipamentos e nos processos. As atividades grupais também são afetadas pelos ambientes cada vez mais variáveis no mundo globalizado e permeado de questões fundamentais para a sua sustentabilidade. A origem dos dados nesta área deixa em situação de desconforto os gerentes e engenheiros que possuem formação clássica acostumados com a visão de conceitos e com as respostas certas para cada questionamento ambiental.

Em termos de aplicação está comprovada a eficácia da análise do discurso do operador para construir o mapa de eventos anormais (MEA) e, em decorrência deste, a relação de nexos causais até a causa raiz na fase de nascimento da falha na operação de fábrica. Os benefícios foram medidos na área de perdas de processo, principalmente em custo de produção e estabilidade dos processos. O mapeamento foi testado com êxito, principalmente em termos de aprendizagem sobre o nascimento e o desenvolvimento da falha operacional, na empresa pública de logística em gases inflamáveis, GLP. As atividades de segurança, medições de índices de operação e atividades de logística tiveram benefícios diretos de visualização sobre

a falha na operação e as possibilidades de erro humano na execução da tarefa. Ao localizar pontos onde pode ser medida a força da falha baseada no seu "corpo" é possível desenvolver alarmes quanto à sua presença baseado no nexo causal identificado através do MEA.

A localização das regiões a serem protegidas em termos de segurança (mecanismos de defesa) depende da análise de fatores que compõe a falha operacional que também é assunto discutido aqui. Para a organização, esta metodologia de estudo da origem da falha operacional e do erro humano auxilia três gerências importantes para a sustentabilidade da empresa: a gestão da produção que trata da rotina operacional, a gestão de pessoas que analisa aspectos de seleção e desenvolvimento de competências e a gestão estratégica que trata dos projetos e da visão de futuro da empresa. Estas gerências, quando instrumentalizadas com programas baseados no mapeamento de anormalidades baseado no discurso do operador, possuem conhecimento de como adequar os ambientes (políticas organizacionais), as estruturas humanas (perfil do trabalhador e do gerente), as estruturas sociais (formação do grupo e manutenção de coesão em torno da eficiência organizacional), e principalmente, os processos de aprendizagem sobre a falha. A FALHA OPERACIONAL muda de forma e "não avisa" deixando no caos os esforços gerenciais.

Enquanto a gestão da rotina tem o benefício de saber aplicar a análise da tarefa na etapa de projeto e durante a operação, também consegue visualizar os ajustes necessários sobre sistemas homem-máquina-processo. Estes ajustes antes espalhados numa grande variedade de falhas latentes em convivência com a operação desde a partida da planta, ou seja, por não saber identificar a causa raiz, convive-se com as ineficiências na rotina da operação. A gestão da produção também acorda para a necessidade de migrar a forma de treinamento, de conceitos básicos clássicos para informações sobre o processo de falha nos equipamentos, nos processos e nos grupos de pessoas. A área de segurança ganha, através do estudo do livro de turno, a inclusão de fatores humanos (presentes na cultura técnica da empresa) nas técnicas de análise de riscos. Este conhecimento "de causa" permite ser mais eficaz nas correções de dispositivos de segurança ou ainda, no projeto de novos dispositivos a serem instalados na área industrial. É importante evidenciar que o comportamento do operador durante uma situação de emergência é tão diferente em relação à rotina que, o desenvolvimento de técnicas para atuar com o estresse da emergência possibilita, de forma mais assertiva, atuar na correção do perfil no posto de trabalho. Citando Embrey (2000) com as informações

levantadas neste modelo de aprendizagem, se torna possível a preparação de manual de boas práticas com módulos sobre no nascimento da falha nos sistema sócio-técnico.

Na área de gestão estratégica, nota-se que a gestão de contratos deve ampliar sua atuação para o resultado global inserindo as atividades de apoio como participantes nos bons resultados e nos processos de falha na operação (que no momento atual possui maior visibilidade). Também é necessário revisar os instrumentos de comunicação internamente (equalizando as linguagens de multiculturas) e externamente (revisando a partir dos sinais da convivência com a comunidade, o comportamento organizacional). A diretoria acorda para a necessidade de planejar procedimentos que confirmem as competências pretendidas para a produção na indústria com os resultados de medição na rotina da eficiência organizacional. Na gestão de pessoas, que se mistura nos assuntos com a gestão estratégica, busca-se atingir estados de inclusão social, inclusão organizacional, adequação de competências, consenso quanto a padrões de comportamento do trabalhador, e critérios para a identificação e desenvolvimento de lideranças na rotina operacional.

Por ser uma metodologia *down-top* e dinâmica, a aplicação destes conceitos e procedimentos em parceria com atividades em logística e industrialização de GLP possibilitou a abertura de estratégias para prevenir a falha operacional, demonstrando a possibilidade real de atuação conjunta universidade e empresa, isto acontece quando ambas as partes conseguem consensar os seus objetivos.

Ao criar procedimentos para identificar comportamentos dos operadores e tecnologias em chão de fábrica busca-se definir indicadores de produtividade inscritos com aspectos sociais na cultura técnica. A estratégia de divulgar os conceitos em formatação assim como as respectivas técnicas e procedimentos permite absorver do meio as demandas por conhecimento e, daí então, motiva o pesquisador para escrever sobre os importantes assuntos da indústria em rede de conhecimentos nomeada como RECHA, cujas atividades estão descritas no Apêndice F deste trabalho.

Vale à pena ressaltar que com a aplicação deste elenco de conceitos e métodos em indústrias químicas e de energia aumenta-se a possibilidade de identificar as causas raízes de falhas latentes. Embora ainda seja um trabalho em formatação, o acesso a informações sobre a cultura técnica da empresa permite aplicar ferramentas que auxiliam a decisão nas áreas de

produção (análise de falha e ações), estratégica [critérios para novos projetos e de sustentabilidade (com base em redução de perdas) e pessoas (harmonização das equipes e análise de competência "real")].

A criação de algoritmo para a predição da falha, a elaboração de regras para ajuste de comportamentos sócio-técnicos, e o exercício de testes matemáticos utilizando a ferramenta PCA e diagramas de dispersão, mostra a potencialidade para prevenção de falha sobre o seu comportamento, isto tudo validado por situações na indústria química e a partir de dados da rotina de uma planta de processamento de GLP. Os sistemas sócio-técnicos até então, tinham restrições quanto ao uso de ferramentas matemáticas que auxiliam a toma de decisão na rotina da produção. Com o presente trabalho se iniciam pesquisas na intenção de predizer situações de falha e assim, programar a produção de forma mais efetiva e eficaz.

O grande diferencial no método apresentado desta pesquisa está na forma de "minerar" os dados como indicado na Figura 4.1, onde as observações das técnicas e dos procedimentos permitem a escolha dos dados a serem processados. Outro grande diferencial está em deslocar a atenção de modelos fenomenológicos buscando a definição de probabilidade para o erro humano, tentando buscar modelos matemáticos estáticos com correções baseado nos ambientes, em direção à medição relativa da força da falha indicando o melhor setup para produção. Esta medição acompanha a tendência cultural tentando sempre ajustar a cultura da organização para a melhor opção de eficiência organizacional.

Este método não determinístico que começa com a identificação de sinais para medir a força de falha nascente ou em crescimento, pode também medir cadeias de anormalidades paralelas. A Etiologia da falha usa técnica estatística robusta que é a análise de componentes principais e diagramas de dispersão para efeito de visualização. Como os dados utilizados para identificar as variáveis a serem analisadas vêm de períodos longos auxiliando na robustez, trazendo assim, uma certeza maior quanto ao nível de acerto. A transformação de um grande número de dados em menores quantidades com o PCA permitiu esta visão gráfica de aproximação de pontos ótimos da eficiência organizacional no diagrama de dispersão. Falta para transformar identificação em ação a correção dos ambientes, tarefas e grupos que podem ser coincidentes ou não como os PSFs citados na literatura.

A definição das regras de comportamento (Tabela 3.1) em procedimento genérico inserido em algoritmo na Figura 3.17 permitiu apresentar um elenco de regras do comportamento da equipe, dos ambientes organizacionais sociais e econômicos, e da convivência das pessoas, isto no período inicial de vivência do pesquisador na indústria de GLP na seção 5.2.1. Estas regras foram corrigidas após a análise das conclusões parciais levando a observações na seção 5.2.2.

Apesar da análise das regras de comportamento, a parte final do algoritmo que se refere à correção do desempenho da produção não foi experimentada. Neste momento, a partir de regras e pesos por alternativas haveria a correção buscando novas posições de eficiência organizacional. Também durante a investigação de ferramentas para análise de comportamento social descobriu-se a técnica de enxame de partículas que, apesar de não fazer parte do escopo deste trabalho foi testada conforme gráfico no Apêndice L, na Figura L1.

Assim, em trabalhos futuros, pretende-se adaptar os programas gerenciais para cada empresa levando a sugestão de programa genérico para confiabilidade humana e estabilização de processos. Pretende-se ainda validar as ferramentas matemáticas e ampliar os conhecimentos na área de análise de competências, análise da tarefa, de compromisso, equilíbrio emocional no posto de trabalho e análise dos fatores agregadores da equipe de operação.

Sugestões baseadas nas Limitações

A revisão bibliográfica precisa ser adaptada para refletir a realidade natural que é a multidisciplinaridade, tanto discutida, mas pouco praticada. Não sendo possível verificar o avanço das ciências na composição de métodos que não exigem limites transversais e nem conteúdos fixos. O convencimento dos empreendedores e gerentes quanto à importância de aplicar este método *bottom-up* abre as possibilidades de validar os programas nas indústrias do setor químico, de energia e quem sabe nas áreas de transporte e de saúde pública.

Como comentado pela ABIQUIM em reuniões sobre esta metodologia, grande parte dos conceitos, técnicas e procedimentos aqui desenvolvidos e aplicados são úteis para definição de critério de projeto, também no que diz respeito ao investimento em Sistemas Instrumentados de Segurança quanto à influência do fator humano. Assim, interessa às

empresas de projetos e às indústrias em geral desenvolver estes importantes parâmetros para tomada de decisão.

Os procedimentos para harmonização da equipe de produção estão dispersos nas aplicações sociais e técnicas, pretende-se em pesquisas futuras reunir este elenco de informações e procedimentos para facilitar a tomada de decisão nos níveis estratégico, gerencial, operacional e em situações de emergência.

REFERÊNCIAS

ALBERTON, A. **Uma metodologia para auxiliar no gerenciamento de riscos e na seleção de alternativas de investimentos em segurança**. 1996. 193 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.

ALVARENGA M.A.B.; FRUTUOSO P.F.; FONSECA R.A. A review of the models for evaluating organizational factors in Humana Reliability analysis. In International Nuclear Atlantic Conference – INAC 2009, October, Rio de Janeiro. 2009.

ÁVILA FILHO, S. A Organização em transformação. **Controle da Qualidade**, São Paulo, n.33, p. 44-46, Fev. 1995a.

_____. Estabilização de processos em plantas industriais. **Controle da Qualidade**, São Paulo, n. 36, p. 94-98, Maio, 1995b.

_____. **Metodologia para minimizar efluentes na fonte a partir da investigação de anormalidades operacionais:** caso da indústria química. 2004. 115 f. Dissertação (Mestrado Profissional Gerenciamento e Tecnologias Ambientais no Processo Produtivo) –Teclim, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

ÁVILA FILHO, S.; SANTOS, L. **Rotinas limpas na indústria**. 1998. 107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Teclim, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 1998.

ÁVILA FILHO, S; PESSOA, F.P; ANDRADE J.C. Análise dinâmica da confiabilidade humana. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 16., 2006b. Santos. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2006b. p.115.

_____. Controle operacional. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA, 16., 2006c, Santos. **Anais...** Campinas: UNICAMP, 2006c. p. 115.

ÁVILA FILHO, S; PESSOA, F.P; ANDRADE J.C.; FIGUEIROA, C. Worker character/ personality classification and human error possibilities in procedures execution. In: CISAP3 – 3rd INTERNATIONAL CONFERENCE ON SAFETY AND ENVIRONMENT IN PROCESS INDUSTRY, 2008a, Rome. **Proceedings…** Rome: CISAP3, 2008a. **(páginas – p. 279-286)**

_____. Sistema de gestão de riscos em confiabilidade humana (SGRCH). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA QUÍMICA. 2008c, Recife. **Anais...** Recife: ABEQ, 2008c.

BAYBUTT, P. Layers of Protection Analysis for Human Factors (LOPA-HF), Process Safety Progress, Vol 21, No 2, pp 119 – 128, June 2002.

BARBOSA, D.P.; HARGUENAUER D.F. A influência do fator humano nos cenários acidentais de uma refinaria de petróleo. V Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói, 2009. Disponível em: <http://www.excelenciaemgestao.org/Portals/2/documents /cneg5/anais/T8_0152_0769.pdf.>. Acesso em: 23 de jan. 2010.

BOND A.B.; KAMIL A.C.; BALDA R.P. Social complexity and transitive inference in corvids. **Animal Behaviour,** v. 65, p, 479-487, 2003.

CARVALHO, P.V.R. Ergonomic field studies in a nuclear power plant control room. **Progress in Nuclear Energy**, v. 48, p. 51-69, 2006.

CARVALHO, P.V.R.; SANTOS, I.L.; VIDAL, M.C.R. Nuclear power plant shift supervisor's decision making during microincidents. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 35, p. 619-644, 2005.

CARVALHO, P.V.R.; SANTOS, I.L.; VIDAL, M.C.R. Safety implications of cultural and cognitive issues in nuclear power plant operation. **Applied Ergonomics**. v. 37, p. 211-223, 2006.

CENTER for CHEMICAL PROCESSS SAFETY-CCPS. **Layer of Protection Analysis:** Simplified process risk assessment**.** New York: American Institute of Chemical Engineers – CCPS. 2001. 270 p.

DALGALARRONDO P. **Psicopatologia e semiologia dos transtornos mentais**. Porto Alegre: Artmed, 2000. 271 p.

DANIELLOU F. **A Ergonomia em busca de seus princípios.** François Daniellou Editor. São Paulo: Blucher. 2004. 244 p.

DANIELLOU F. **Ergonomia.** Capítulo 21. Pierre Falzon Editor. São Paulo: Blucher. 2007.640 p.

DEJOURS, C . **O Fator Humano.** Rio de Janeiro: FGVSP, 2007, 104 p.

DEKKER, S. **The field guide to human error investigations.** Hampshire, Burlington: Ashgate Publishing Limited, 2002. 160 p.

DIB, A. Impact of human machine interface changes on human performance and safety. **Journal of Engineering and Applied Sciences**, v. 2, n. 4, p. 714-717, 2007.

DODSWORTH, M. et al. Organizational climate metrics as safety, health and environment indicators and an aid to relative risk ranking within industry**. Trans IchemE**, UK. v. 84(B6), p.1-11, 2006.

DOMECH J.M., GUIMARAES A.S., XEXÉO G.B. **Modelo fuzzy para avaliação da confiabilidade humana do inspetor de ensaio não destrutivo tipo ultra-som**. In: PAN-AMERICAN CONFERENCE FOR NONDESTRUCTIVE TESTING, 3., 2003, Rio de Janeiro. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: AAENDE, 2003. Disponível em: <http://www.aaende.org.ar/sitio/biblioteca/material/T-018.pdf>. Acesso em: 15 de mai. 2008.

DRUCKER, P.F. **O gerente eficaz**. Rio de Janeiro: LTC, 1990. 166 p.

EMBREY, D. Preventing human error: developing a consensus led safety culture based on best practice. London: Human Reliability Associates Ltd. 14p. 2000.

FADIMAN, J.; FRAGER, R. **Teoria da personalidade**. São Paulo: HARBRA, 2002. 393 p.

FILGUEIRAS, L.; VITTI, R. Modelagem de Tarefas para Simulação do Desempenho Humano em Erro. In: SIMPÓSIO SOBRE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS. 2006, Natal. **Anais**… p. 21-24. Natal: SBC. DIMAP. 2006.

FITZGERALD, F.A.; GANS, M.; KIORPES, S.A. Plant startup - step by step. **Chemical Engineering**, New York, NY, v. 90, n. 20, p. 74-100, Oct. 1983.

FONTANELA, M. **Um modelo de melhoria contínua aplicada à redução de riscos no ambiente de trabalho**. 2001. 82 f. Dissertação (Mestrado de Engenharia de Produção), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

FRUTUOSO, P.F.M. **Análise da Confiabilidade Humana (ACH) na AQR.** In: 11o CONGRESSO DE ATUAÇÃO RESPONSÁVEL, São Paulo: ABIQUIM. 2007. Palestra disponível em: <http://www.abiquim.org.br/atuacaoresponsavel/11cong/ segundo dia/Paulo_Frutuoso.pdf>. Acesso em: 16 de ago. 2008.

GOLDRATT, E.M. **A síndrome do palheiro.** São Paulo: Educator, 1992. 243 p.

HAN S.H. et al. Development of reliability analysis tools and database for integrated risk management system (IRMS). In: PSAM5 PROBABILISTIC SAFETY ASSESSMENT AND MANAGEMENT. 2000, Osaka. **Proceedings…** Osaka: CCPS. Korea Occupational Safety & Health Agency. 2000.

HANDY, C.B. **Como compreender as organizações**. Rio de Janeiro: Zahar, 1978. 498 p.

HAYKIN, S. **Redes neurais**: princípio e prática. 2. ed. São Paulo: Bookman, 1999. 900 p.

HAYNAL, A.; PASINI, W.; ARCHINARD, M.; **Medicina Psicossomática**: abordagens psicossociais. Rio de Janeiro: Medsi, 2001. 342 p.

HETHERINGTON, R. **16 Stress and error**. 2004. Lecture notes, presented by University of Toronto, Engineering Psychology, PSY 378S. Toronto, Canadá, 2004.

HIMMELBLAU, D.M. **Engenharia Química**: Princípios e cálculos. 5. ed. Rio de Janeiro: Prentice Hall do Brasil, 1984. 506 p.

HIRSCHBERG, S. **Critical operation actions:** human reliability modeling and data issues. 1998. Final task report by a group of experts of Nuclear Energy Agency (NEA) Committee on the Safety of Nuclear Installations (CSNI), Paris, France, 1998.

HOLLNAGEL, E. **Human reliability analysis context and control**. Computers and People Series. San Diego, CA: Academic Press Inc. 1993.

HOLLNAGEL E. Risk + barriers = safety?. **Safety Science**, v. 46, n. 2, p. 221- 229, 2008.

JONAS, L.; ROLLENHAGEN K.; HOOLNAGEL E. What-You-Look-For-Is-What-You-Find – The consequences of underlying accident models in eight accident investigation manuals: Safety science, Sweden. V. 47, p. 1297- 1311, 2009.

JUNG, C.G. **A energia psíquica.** 8. ed. Petrópolis: Vozes, 2002. 95 p.

KIRWAN, B. **A guide to practical human reliability assessment**. London: Taylor & Francis. 1994. 592 p.

KLETZ, T. **Hazop and Hazan**. 4. ed. London: Taylor and Francis, 1999. 232 p.

KOLACZKOWSKI, A; FORESTER J.; LOIS E.; COOPER S. **Good Practices for Implementing Human Reliability Analysis (HRA) - Final Report**. Division of Risk Analysis and Applications. Office of Nuclear Regulatory Research. U.S. Nuclear Regulatory. Washington. 2004. 85 p.

KÓS, M. 4ª Reunião de Especialistas sobre Consumo e Produção Sustentáveis da América Latina e Caribe, São Paulo, 18 de outubro de 2007. Disponível em :http://www.pnuma.org/industria/consumo/presentaciones/Panel2Abiquim.ppt.>. Acesso em: 20 de mai. 2010.

KUMAR, K. **Da Sociedade pós-industrial à pós-moderna**. Rio de Janeiro: Zahar. 1997. 258 p.

LAPASSADE, G. **Grupos, organizações e instituições.** 3. ed. Rio de Janeiro: Francisco Alves. 1989. 316 p.

LEES, F.P. **Loss prevention in the process industries:** hazard identification, assessment and control. Great Britain, GB, Butterworth-Heinemann. 2. ed. v. 1-3. 1996. 3.680 p.

LEES, F.P. The hazard warnings structure of major hazards. **Trans IchemE**, UK, v. 60a, p. 211-221, 2005.

LEMOS, R.; FIELDS, B.; SAEED, A. Analysis of safety requirements in the context of system faults and human errors. In: PROCESS INTERNATIONAL SYMPOSIUM AND WORKSHOP ON SYSTEMS ENGINEER OF COMPUTER BASED SYSTEMS, March 6-9, 1995. Tucson, Arizona. Available at: <http//www.cs.mdx.ac.uk/staffpages/ bobf/papers/secbs.pdf>. Acess: 9 de mai. 2007. p. 374-381.

LEVESON N. G. A new accident model for engineering safer systems: **Safety science**, USA. V. 42, p. 237- 270, 2004.

_____. Applying systems thinking to analyze and learn from events. **Safety Science**, 2010. In Press, doi:10.1016/j.ssci.2009.12.021.

LINDSAY, S. **A tutorial on principal components analysis**. February. 2002. Available at: <http://www.cs.otago.ac.nz/cosc453/student_tutorials/principal_components.pdf>. Acess: 5 jun. 2010.

LLORY, M. **Acidentes industriais, o custo do silêncio**. Rio de Janeiro: Multiação editorial, 1999. 333 p.

LORENZO D.K. **API770** – A manager's guide to reducing human errors, improving human in the process industries. API Publishing Services, Washington, 2001.

MARAIS, K.; SALEH J.H.; LEVESON N. G. Archetypes for organizational safety: Safety science, USA. V. 44, p. 565-582, 2006.

MOTTA, F.C.P.; CALDAS, M.P. (Orgs) **Cultura organizacional e cultura brasileira**. São Paulo: Atlas, 1997. 325 p.

MOTTA, P.R. **Gestão contemporânea:** a ciência e a arte de ser dirigente. 15. ed. Rio de Janeiro: Record. 2004. 256 p.

MOSLEH, A.; CHANG, Y.H. Model-based human reliability analysis: prospects and requirements. **Reliability Engineering and Sistem Safety**, USA. v. 83, p. 241-243, 2004.

MUCHINSKY, P.M. **Psicologia organizacional**. 7. ed. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004. 508 p.

MUMMOLO, G., **Affidabilitá dell'uomo, Affidabilitá degli impianti**. Bari. Sicurezza degli Impianti industriali Politécnico di Bari, Itália. 1999. 33 p.

NEA/CSNI, Technical opinion papers human reliability analysis in probabilistic safety assessment for nuclear power plants. 2004. **Technical Opinion Papers**, n. 04, Paris, France, 2004.

OGLE, R., MORRISON D.T., CARPENTER A. The relationship between automation complexity and operator error. **Journal of Hazardous Materials**, v. 159, n. 1, p. 135-141. 2008.

PALLEROSI, C.A. Confiabilidade humana: nova metodologia de análise qualitativa e quantitativa. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE CONFIABILIDADE, 2008, Florianópolis. **Anais eletrônicos...** Florianópolis: ARS, 2008. Disponível em: <http://www.arsymposium.org/southamerica/Simposio2008/presenters_2008/ T2-S1%20paper.pdf>. Acesso em: 25 de out. 2008.

PASQUINI, A.; PISTOLESI, G.; RIZZO, A. Reliability analysis of systems based on software and human resources. **IEEE Transactions on Reliability**, v. 50, n. 4. p. 337-345. 2001.

PEARSON, K. **On Lines and Planes of Closest Fit to Systems of Points in Space**. Philosophical Magazine 2 (6): 559–572. 1901. Available at: <http://stat.smmu.edu.cn/history/pearson1901.pdf.>. Acess: May 25th 2010.

PERLINGEIRO, C.A.G. **Engenharia de Processos.** São Paulo: Edgard Blucher, 2005. 208 p.

PERROW, C. **Normal accidents:** living with high-risk technologies. NY: Basic Books, 1984. 453 p.

PRAHALAD, C.K.; HAMEL, G. **The core competence of the corporation**. Cambridge: Harvard Business Review, 1990. 81-82 p.

RASMUSSEN, J. **Risk management in a dynamic society**: A modeling problem. London: Elsevier Safety Science. England. v. 27, n. 2/3, p. 183-213, 1997.

RAUTERBERG, M.; FELIX, D. Human errors: disadvantages and advantages. 1996. In: PAN PACIFIC CONFERENCE ON OCCUPATIONAL ERGONOMICS, 4., Taiwan, 1996. **Proceedings...** Hsinchu: Ergonomics Society Taiwan, 1996. p. 25-28.

REASON, J. **Human error**. Cambridge: Cambridge University Press, 2003. 302 p.

RENESCH, J. **Novas tradições nos negócios**. São Paulo: Cultrix, 1993. 246 p.

ROLLENHAGEN K.; WESTERLUND J.; JONAS, L.; HOOLNAGEL E. The context and habits of accident investigation practices: A study of 108 Swedish investigators. **Safety Science**, v. 48, p. 859-867, 2010.

SANDRI, S.; CORREA, C., "Lógica nebulosa", In: V ESCOLA DE REDES NEURAIS, 073-090, ITA, São José dos Campos, 1999

SCHÖNBECK, M. Human and organizational factors in the operational phase of safety instrumented systems: A new approach. Trondheim. 2007. 58 p. Master's thesis is submitted at: Eindhoven University of Technology (TU/e), 2007.

SCHUTZ, W. **The interpersonal underworld.** Palo Alto: Science & Behavior Books, 1966. 168 p.

SEBZALI, Y.M.; WANG, X.Z. Joint analysis of process and operator in chemical process operational safety. **Journal of Loss Prevention in the Process Industries**, Leeds, UK. n. 15, p. 555-564, 2002.

SENNETT, R. **A corrosão do caráter.** Rio de Janeiro: Record, 2005. 204 p.

SHLENS, J. **A Tutorial on Principal Component Analysis**. New York: Center for Neural Science, 2009. Version 3.01. 12 p. Disponível em: <http://www.snl.salk.edu/~shlens/pca.pdf>. Acesso em: 25 de maio de 2010.

SIMÕES, C.F.; GOMES, L.F.A.M.; ALMEIDA, A.T. **Tomada de decisão gerencial**. São Paulo: Atlas, 2002. 264 p.

SMITH, C.L. et al. **Modeling power non-recovery using the saphire risk assessment software**. 2002. PSAM 6. San Juan. 2002

SOUZA, A.D. et al. **Estresse e o trabalho**. 2002. 68 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Medicina do Trabalho). Sociedade Universitária Estácio de Sá. Campo Grande. 2002.

SOARES, F.R.; DEMAJOROVIC, J. O Programa atuação responsável no Brasil. In: WORKSHOP GESTÃO INTEGRADA: RISCO E SUSTENTABILIDADE, 2., 2006, São Paulo, Centro Universitário Senac. 10 p.

STANTON, N.A. et al. Testing Hollnagel's contextual model: assessing team behaviour in a human supervisory control task. **International Journal of Cognitive Ergonomics**. Mahwah, v.5, n. 2, p. 111-123, 2001.

STENBERG JUNIOR, R. **Psicologia Cognitiva**. Porto Alegre: Artmed, 2008. 582 P.

SUTCLIFFE, A.G; GALLIERS, J.R. MINOCHA, S. **Human errors and system requirements.** Washington, USA: IEEE Computer Society. 1999. 23 p.

SWAIN A.D.; GUTMANN, H.E. **Handbook of human reliability analysis with emphasis on nuclear power plant applications.** (NUREG/CR-1278, SAND800 200, RX, AN), Sandia National Laboratories, Albuquerque, NM, August 1983.

TANNER, D. E. Ten Years Incident Reports Underscore Human Error as Primary Cause of Accidents. Bulletin: Summer 2002, Volume 57, Number 2. Available at: <http://www.Nationalboard .org/SiteDocuments/Bulletins/SU02.pdf.>. Acesso em: 15 de Nov. 2009.

VALLE, R. (Org). **O conhecimento em ação**. Rio de Janeiro: Relume Dumará, 2003. 231 p.

WREATHALL J. et al. **Human reliability analysis in support of risk assessment for positive train control:** human factors in railroad operations. Springfield, Virginia: National Technical Information Service. 2003. 140 p. Available at: <http://www.fra.dot.gov>. Acess: 9 mai. 2007.

GLOSSÁRIO

Ambientes no estudo da falha indicam traços que afetam a história da falha operacional e humana. Consideram-se ambientes como: cultura organizacional (organograma e estrutura da empresa), cultura social (traços na tomada de decisão e estabilidade emocional), situação econômica (crescimento e riscos) e legislação ocupacional (resultante das demandas da sociedade para a indústria).

Análise da tarefa inclui verificação dos padrões e procedimentos aplicados, verificação quanto ao comportamento da falha na tarefa incluindo aspectos levantados do mapeamento de anormalidades e verificação da resultante da equipe quanto a situações com estresse elevado incluindo análise de falha com decisões operacionais em camadas e cálculo de probabilidade considerando fatores humanos.

Análise de competência é realizada a partir da identificação da cultura técnica que é resultado do mapeamento de anormalidades operacionais. A análise de competências é feita ao comparar a demanda das operações para atingir eficiência organizacional com a oferta das competências baseado no exame realizado sobre a equipe de turno.

Análise de agrupamento de dados é uma verificação das tendências de incremento, redução ou flutuação cíclica de processos e de equipamentos a partir dos sinais de anormalidade extraídos da rotina através do mapeamento de eventos anormais (MEA).

Anormalidade se refere a sinais emitidos nas ocorrências operacionais, que, a princípio não afetam os padrões de operação estabelecidos, mas podem indicar tendência para alteração de estado do processo ou das pessoas, de normal para anormal. Em outras palavras, se os sinais, ou se as anormalidades ainda se enquadram nos padrões operacionais, necessariamente, estes avisos não são considerados de riscos elevados, mas, alguns deles podem trazer informação importante para evitar o gatilho da falha desde a fase latente ou inercial.

Cadeia de Anormalidades são uma série de sinais de anormalidades ou ainda, fatores operacionais, que, após validação são classificados como causa, consequência, fatores falsos, potencializadores, antecipados, ações corretiva, preventivas e outros continuam sob o codinome de sinais de falha. Podem acontecer várias cadeias de anormalidades acontecendo em paralelo com fatores operacionais comuns.

Causa raiz é a causa que origina ou inicia a anormalidade onde, após passar da zona de baixa visibilidade passa a indicar a existência do evento anormal. A causa raiz pode estar muito

escondida sendo identificada após testes e ajustes acompanhados de padrões e de procedimentos. Uma causa raiz pode iniciar várias cadeias de anormalidades.

Ciclo de vida da falha ou vida da falha é o conjunto de todos os fatores operacionais desde o momento de energia nula da falha até o ponto máximo onde ocorre o máximo de perda de processo. As características das estruturas técnicas e humanas não são foco de análise do ciclo de vida da falha (modelo de aprendizagem).

Confiabilidade Humana é o incremento da qualidade psicológica do indivíduo e do grupo levando a redução da frequência e do impacto resultante de falhas operacionais. Inclui atividades de análise da tarefa e melhorias na equipe em liderança e cooperatividade.

Cultura técnica é o comportamento sentido, analisado e medido resultante das técnicas de identificação para o tipo humano, social e técnico estabelecido no posto de trabalho e na tecnologia em operação.

Estruturas no estudo da falha são indivíduos (humanas), grupos (sociais) e equipamentos/processos (físicas, técnicas) responsáveis por viabilizar a atividade econômica industrial e de serviços.

Falha latente faz parte do ciclo de vida da falha, se encontra na base do cilindro de aprendizagem e ocorre quando a falha está próxima ao eixo axial indicando baixa visibilidade. Após passar pela zona inercial (no cilindro) onde a falha é considerada latente, inicia-se a fase de crescimento da falha que neste momento se torna ativa e aparente podendo então ser caracterizado o evento anormal e seus vários fatores.

Estabilização de Processos é o estado em que ocorrem perdas mínimas e motivação da equipe quando comparado com padrões históricos e de empresas mundiais.

Estado de normalidade é quando o processo funciona conforme indicado pelo projeto ou ainda conforme indicado pelo projeto em operação normal. A cultura técnica pode, de forma errônea, afirmar que os sinais da rotina como filtro sujo ou desarme de bombas estão inclusas no estado de normalidade. Neste trabalho de estabilização de processos e confiabilidade humana é necessário recalibrar o fiel da balança que classifica normalidade no processo industrial.

Estado meta é o estado alcançado do processo, dos equipamentos e do produto após ser realizada a tarefa. Neste estado são analisados aspectos motivacionais e carga de trabalho.

Evento iniciador muito citado por Reason e Hollnagel é também considerado como causa raiz em falhas latentes ou causa comum em falhas ativas.

Evento potencializador é aquele que incrementa de forma geométrica a força da falha implicando em alcançar a zona de risco no modelo cilíndrico de aprendizagem. Pode acontecer de o evento reduzir geometricamente a força da falha, sendo evento despotencializador.

Etiologia é o estudo da origem que no caso da pesquisa sobre falha humana e operacional permite identificar causa raiz através da leitura do discurso do operador (DO) e do discurso do gerente (DG).

Fatores operacionais são itens que compõem a anatomia da falha ou do acidente podendo ser, após o seu entendimento funcional, causa, consequência ou outras funções. No início do estudo todos os fatores operacionais são considerados sinais da falha e à medida que são compreendidos passam a ter suas funções definidas.

Fator potencializador (despotencializador) é evento humano, técnico ou ambiental que aumenta (ou diminui) de forma geométrica a força da falha.

Gancho de falha é o termo utilizado para características nas estruturas humanas, sociais e técnicas compondo os ambientes organizacionais e os postos de trabalho. A mitigação ou inibição destas características são um dos objetivos dos programas gerenciais de confiabilidade humana e de estabilização de processos.

Informalização da falha é processo que envolve a migração de parte ou de toda a energia da falha inserida originalmente em equipamentos (sólidos ou oscilação de pressão) e destinada para o meio social através de fadiga do indivíduo ou conflitos no grupo.

Materialização da falha é o processo que envolve a migração de parte ou de toda a energia da falha inserida originalmente no meio social (lideranças em conflito) ou no meio organizacional (políticas não conferem com as práticas) e destina para os equipamentos e processos através do descontrole na execução da tarefa.

Mapa de Eventos Anormais é técnica de mapeamento que envolve a extração das anormalidades ou sinais de anormalidades registradas no livro de turno para mapa que reúne histórico da planta de ao menos dois meses. Neste mapa também são inseridas informações de qualidade do produto e do efluente e eventualmente do processo. O mapa é usado para através

de códigos e símbolos facilitar a construção da causalidade através da cadeia de eventos anormais.

Memória conjugada é memória composta por fatos acontecidos, lacunas de vivências não lembradas e substituição de memórias por outras que são mais favoráveis à sobrevivência física e psíquica do trabalhador. Da mesma forma se constrói a memória da organização com transformações envolvendo anulação e substituição.

Nexo causal é a formação de cadeia de anormalidades lineares simples com o aparecimento direto de causa e consequência.

Nexo orgânico é a formação de cadeia de anormalidades complexas com novelos de realimentação da energia da falha ou partilha da falha em novas dimensões (por exemplo: de organizacional para estruturas técnicas ou de individual para grupal).

Ociosidade Técnica é o inverso de taxa de ocupação para atividades relacionadas à função, sendo número de referência devido às múltiplas variáveis neste caso, por exemplo, disponibilidade de GLP para processamento, disponibilidade de esfera, ou de navio – parte-se da premissa, nesta pesquisa que a ociosidade não é traço intrínseco do homem.

Potencialização (ou despotencialização da falha) é processo de aumento (diminuição) da força da falha aumentando (diminuindo) também o seu risco.

Régua da Personalidade é técnica utilizada para facilitar a análise de competências onde mede a competência oferecida pela equipe e compara pelas competências exigidas pela tecnologia. Na prática significa comparar as necessidades de conhecimentos e habilidades técnicas/interpessoais para realizar a tarefa com o oferecimento pela equipe dos conhecimentos e habilidades disponíveis. Este trabalho é realizado após a identificação da Cultura técnica.

Técnica *Bottom-up* é a técnica utilizada no mapeamento de anormalidades que privilegia a vivência da rotina e a análise dos registros de ocorrência (*bottom*) para definir a rota adequada em busca da confiabilidade humana e da estabilização dos processos (*up*) e que após a aprovação da diretoria retorna em forma de programa gerencial. Estes tipos de técnicas facilitam a instalação da autogestão na produção.

Técnica *Top-down* é a técnica utilizada pelos sistemas de gestão centralizados em pessoas representantes da alta administração (*top*) como ISO-9000/14000, TQC, TPM, 5S onde se prioriza a utilização de técnicas pré-formatadas para ser aplicada nas áreas da fábrica, em

especial na área de produção (*down*). Como não se faz uma consulta anterior à cultura técnica ou organizacional local, pode haver dificuldades na implantação.

Tipo de comportamento humano ou tipologia humana é a forma com que os indivíduos atuam isoladamente permitindo inferir sobre equilíbrio emocional e nível de compromisso baseado na identidade entre valores humanos e organizacionais. Para identificar este comportamento são usadas técnicas especializadas na área de dinâmica, enquetes, e estatística de dados históricos. É possível reconhecer na identificação da tipologia indícios de "ganchos" da falha operacional e erro humano.

Tipo de comportamento social ou tipologia social é a investigação sobre formas dos grupos de operadores/ trabalhadores atuarem na execução da tarefa e possibilidades de sofrerem influência devido às questões ambientais (social, econômico e organizacional). Para identificar este comportamento são usadas técnicas especializadas na área de dinâmica, enquetes, vivência e estatística de dados históricos.

Tipo de comportamento técnico ou tipologia técnica é a forma com que os equipamentos, produtos e processos se comportam durante a atuação da operação na produção fabril. As estruturas técnicas podem ter defeitos, "ganchos" ou características não apropriadas e que podem provocar eventualmente a falha operacional ou o erro humano, após um evento iniciador, ou causa raiz, como insatisfação provocada por compromisso inadequado resultante de contrato de manutenção puramente pelo preço.

A P Ê N D I C E S

APÊNDICE A – Procedimentos para Coleta de Dados Sócio-Humanos

1. Objetivo

Levantar dados para identificar elementos que influenciam no desempenho do operador durante a realização de tarefas, ou seja, que estejam relacionados com o potencial erro humano.

2. Técnicas de coleta de dados

As formas de coleta podem ser: questionário, entrevista ou levantamento no banco de dados da área de pessoas. Os questionários são aplicados aos supervisores e aos operadores. As entrevistas são aplicadas ao coordenador da operação, a coleta de dados individuais ou grupais é levantada no sistema de pessoas ou RH da empresa, onde estão concentrados os dados relacionados à formação de competências, comportamento e saúde ocupacional.
Estes questionários ou esquemas de coleta de dados permitirão desenvolver a segunda etapa da metodologia na empresa através da pesquisa realizada por Salvador Ávila. Os assuntos são divididos em: (1) Questionamento geral, (2) Módulo de competências, (3) Informações Sociais, (4) Informações pessoais.

Não precisa haver a identificação personalizada pelo respondente dos questionários, ou a referência pela instituição dos dados pessoais por operador, mas é preciso identificar em que turma de turno este está alocada. IMPORTANTE: não será feita identificação do nome das pessoas, para evitar quaisquer questões éticas.

Para manter a ética do sigilo, o Pesquisador fará uma tradução da autoria de respostas de cada operador, ou relacionado a cada operador através de letras e em questões estratégicas indicadas pela empresa; o consultor utilizará dados após o processamento estatístico (pela empresa) de grupo de operadores em cada turma de turma ou agrupado por idade ou ainda por tempo na empresa.

Os critérios adotados para cada classificação estão anexados no final deste documento.
O item 3 apresenta os dados a serem levantados por todas as áreas e nos itens seguintes é dirigido. A apresentação é sobre todos os tópicos e em seguida por público alvo a ser consultado sobre.

3. Dados levantados e justificativas

3.1. Geral

3.1.1. Tempo de experiência em empresas anteriores

Registrar em anos qual o tempo de experiência do operador na Fornecedora e/ou em outra indústria antes de entrar na empresa.

3.1.2. Tempo de Empresa

Registrar em anos qual o tempo de experiência do operador na empresa e/ou na empresa.

3.1.3. Renda na Empresa

Registrar o salário bruto atual, a posição do operador na faixa em três partes e a progressão salarial enquanto empresa.

3.2. Módulo de Conhecimentos

Identificar dados da instituição sobre o operador quanto a concurso, tempo de formação básica e específica, tempo de reciclo das informações adquiridas, e resultados de testes e exames.

3.2.1. Concurso, classificação

Identificar a posição/pontuação na classificação do concurso da Fornecedora.

3.2.2. Formação básica de operador

Identificar o tempo em horas de formação do operador em conhecimentos de operação básicos.

3.2.3. Formação específica para a função

Identificar o tempo em horas de treinamento específico para a função no empresa, na rotina, transferindo habilidades específicas para desempenhar a função.

3.2.4. Reciclo de conhecimentos na rotina da operação

Identificar o tempo aplicado em treinamento de reciclo durante o turno.

3.2.5. Resultado de testes e exames

Média dos resultados colocando como peso o número de horas envolvido e/ou, média simples dos resultados.

3.2.6. Medição de conhecimentos

Medir ou classificar os operadores quanto a conhecimentos específicos nas seguintes áreas:

a) Matemática baseada em funções lógicas e operações simples da rotina;
b) Físico-química, indicando entendimento sobre mudança de fases e alterações na estocagem de fluidos;
c) Redação e português, onde as informações básicas para a comunicação escrita são de conhecimento do operador.

Medir ou classificar os operadores quanto a habilidades nas seguintes áreas:

d) Dinâmica de fluidos onde sistemas de compressão e de bombeamento são entendidos pelo operador, facilitando a execução das tarefas na rotina.
e) Segurança de sistemas sob pressão e que podem provocar incêndio ou explosão, indicando nível de preparo para emergências.
f) Logística, permitindo o controle das operações de recebimento, processamento, estocagem de produtos e transferências para dutos ou para navios. A velocidade/vazão de transferência e os alinhamentos podem trazer baixa produtividade para a equipe.

3.3. Módulo de cargos e funções

Identificar o cargo e a função do operador conforme classificação da empresa e o tempo de trabalho nestes. Identificar o local físico do posto de trabalho e as principais tarefas a serem executadas.

3.3.1. Cargo

Identificar o cargo e o tempo no mesmo.

3.3.2. Função

Identificar a função e o tempo na mesma.

3.3.3. Nível de atendimento geral

Classificação do nível de atendimento durante a realização das tarefas pela visão do supervisor/ coordenador.

3.3.4. Taxa de aplicação do conhecimento

Identificar a taxa de aplicação do conhecimento durante a execução das tarefas pela visão do supervisor de turno.

3.4. Módulo de rotina no trabalho

Verificar aspectos importantes na rotina de trabalho que podem afetar o desempenho.

3.4.1. Posto de trabalho

Identificar os postos de trabalho, onde estão localizados, quais tarefas estão envolvidos os operadores e as ferramentas e informações necessárias.

3.4.2. Acidentes ou incidentes

Identificar envolvimento em acidentes ou incidentes na empresa e o grau de envolvimento.

3.4.3. Compromisso aparente

Identificar o nível de compromisso aparente na situação de emergência e de rotina pelos supervisores e coordenadores da empresa.

3.4.4. Funcionalidade

Identificar o nível de funcionalidade aparente pelo operador no posto de trabalho, realizando suas tarefas. Esta identificação é feita pelos supervisores e coordenadores da empresa.

3.4.5. Análise de eficiência relativa

Identificar a eficiência relativa do operador no posto de trabalho realizando suas tarefas. Esta identificação é feita pelos supervisores e coordenadores da Empresa.

3.5. Módulo de relacionamento Interpessoal

3.5.1. Nível de cooperatividade

Identificar o nível de cooperatividade do operador em trabalho de equipe através de entrevista com o supervisor e o coordenador da operação.

3.5.2. Clareza na comunicação verbal

Identificar o nível de clareza na comunicação verbal do operador na realização das tarefas durante a rotina.

3.5.3. Clareza na escrita

Identificar a forma de escrita dos procedimentos e/ou dos registros durante a execução das tarefas por líderes de turno.

3.5.4. Lógica no pensamento

Classificar a forma de interpretação dos problemas, mostrando clareza no nexo causal e facilidade de visualização na forma tridimensional.

3.5.5. Participação social e treinamentos externos

Classificar quanto à participação dos empregados nos eventos sociais e treinamentos externos, demonstrando o interesse nas atividades e nos programas de interação pelo conhecimento e pela interação social.

3.6. Módulo de papéis na rotina, liderança

3.6.1. Papéis na operação de rotina

Identificar qual o papel realizado na execução das tarefas: líder, executor, criador, revisor, outro.

3.6.2. Tipo de liderança

Classificar o tipo de liderança quanto à formalização, ao foco e à intensidade.

3.7. Módulo de aspectos sociais

As informações individuais e familiares são a base para os aspectos sociais do operador na sociedade.

3.7.1. Informações individuais

Identificar a naturalidade e nacionalidade do Operador.

Idade do operador, nascimento e signo. Local de moradia.

3.7.2. Informações Familiares

Identificar as informações familiares a partir do cadastro do funcionário pela empresa. Estado civil e número de filhos. Se casado, quantas vezes, e se atendem à pensão judicial. Idade dos filhos e da esposa. Sexo dos filhos. Outros dependentes do operador.

Identificar quanto à existência de pais vivos, posição como irmão na família, e se existe alguma dependência financeira em relação aos pais ou aos irmãos.

3.7.3. Informações socioculturais

a) Aspectos sociais

Identificar aspectos sociais de cada operador como: Religião, esporte, time de futebol.

b) Comunidade

Identificar aspectos relacionados à comunidade, tais como: participação política, questões éticas, participação e discurso em ação social.

c) Costumes

Identificar costumes alimentares e pessoais: nível de regionalização/ globalização, atividades de lazer, ingestão de bebidas e tabagismo.

d) Relações sociais

Identificar a existência de relações amigáveis pelo operador, a participação em grupos na comunidade e sua intensidade.

e) Lazer

Identificar as formas de lazer e a intensidade do lazer pelos operadores, informado pelos mesmos e confirmado pelos supervisores.

3.8. Módulo de saúde e tipologia humana

Informações gerais sobre a saúde e características do indivíduo que podem auxiliar na análise de alocação mais adequada em relação ao posto de trabalho. Informações individuais que incluem equilíbrio corporal e humor básico.

3.8.1. Seleção, classificação

Identificar perfil comportamental na seleção do pessoal quanto à lógica e racionalidade. Se possível, verificar quanto à resistência e à pró-atividade.

3.8.2. Informações individuais básicas

Peso e altura. Relação peso/altura. Estágio cardiovascular. Pressão arterial típica. Distúrbios na respiração, nutricional e no trato digestivo.

3.8.3. Informações de saúde/doença

a) Corpo

Histórico do operador quanto a doenças no corpo.

Histórico da família do operador quanto a doenças do corpo.

Presença de doenças de pele, doenças do sono e endócrina.

b) Comportamento

Histórico do operador quanto a doenças do comportamento.

Histórico da família do operador quanto a doenças do comportamento.

Presença de traços: perfil confrontante, cooperativo, submisso, obsessivo, cíclico, deprimido, fóbico, poroso e paranoide.

c) Cognição

Analisar as seguintes possibilidades: (i) Dificuldades na atenção, (ii) Falhas de memória, (iii) Percepção incorreta da realidade, (iv) Pensamento desconexo, (v) Linguagem fragmentada e (vi) Inteligência falha.

d) Autoimagem

Traços dos operadores quanto à: (i) Estética e cuidados pessoais, (ii) Higiene e limpeza, (iii) Trajes usados no meio social, (iv) Valorização do Eu e (v) Psicomotricidade.

APÊNDICE B – Exame de Identificação da Cultura técnica

1º O que provoca corrosão em equipamentos e tubulações a partir de GLP? ( ) Água ( ) Sólidos ( ) compostos de enxofre ( ) soda cáustica ( ) outro.

2º Na sua opinião, caso haja contaminantes sólidos e os filtros não atuem devidamente quais são os pontos do processo mais impactados? Priorizar. Impacto maior = 5; Impacto menor = 1. ( ) esfera; ( ) Bomba ( ) coalescedor; ( ) válvulas de controle; ( ) HVs, válvula motorizada.

3º Na presença de etano acima de 2% na compressão de flash, ocorre aumento de perdas e redução da capacidade? Favor listar a ordem dos acontecimentos: ( ) Queima dos gases leves; ( ) Aumento de esforço mecânico do equipamento; ( ) Abertura de PSV para *flare*; ( ) Incremento de pressão na descarga do compressor; ( ) Aumento de pressão na descarga de cada estágio; ( ) Excesso de leves para o topo do vaso; ( ) Nível de vaso acumulador diminui.

4º Na sua opinião, qual a principal possibilidade de ignição de fogo nas áreas decorrente do GLP? A. Curto-circuito devido a fio decapado de serviços da manutenção; B. Curto-circuito devido à eletroduto pisado na área; C. Centelha por serviço a quente; D. Uso de Celular indevidamente; E. Queima de mato ou lixo pela comunidade próximo a cerca; F. Todas as respostas; G. Nenhuma das respostas.

5º O que você entende como triângulo do fogo? Quais são os elementos constituintes? No caso de processamento de GLP como se formaria o fogo?

6º Quais os principais equipamentos onde pode ocorrer vazamento na área? E quais as principais operações onde pode ocorrer este vazamento? Equipamento: A. Flange; B. Válvula; C. Bomba; D. Vaso; E. Outro. Operações: A. Transferência; B. Secagem; C. Regeneração; D. Liberação de equipamento; E. Controle de tanques e armazenamento; F. Operações com *flare*; G. Outro.

7º Cite 2 sistemas que inspiram cuidados quanto a excesso de pressão e possibilidades de vazamento para o ambiente externo? Por quê?

8º Existem classes diferenciadas de tubulação para vazão, temperatura e pressão. Espessura de tubulação, tipo de material, tipo de gaxeta, tipo de conexão e outros. O que muda na tubulação para vazões muito altas (400 m3/h) em relação a vazões baixas (5 m3/h)? O que muda na tubulação para pressões altas (18 Kg/cm2) para pressões baixas (3 kg/cm2)? E em relação à temperatura, o que muda na tubulação? Considerando tubulações que operam com 200ºC e aquelas que operam com -20ºC?

9º Quais sistemas de segurança que evitam a ocorrência de "bola de fogo" e BLEVE? Explicar como em poucas palavras. ( ) *Fire-safe*; ( ) Quebra-vácuo; ( ) PSV; ( ) Outros, cite.

10º Em sua opinião quais são as duas principais situações de risco na Unidade de processamento de gases, quais são os dois principais pontos para sua identificação no painel e no campo?

11º Durante o recebimento do Refino, como identificar o espaço disponível de uma esfera? O que fazer para estimar estoque da esfera se o sinal de nível estiver falso?

12º Como você classifica as comunicações entre o Fornecedor e a Empresa processadora de gases para início e acompanhamento de transferência? E quanto à transferência entre a Empresa e o píer? Critérios para a comunicação: 1 – Ótima, fazemos parte da mesma empresa e a confiabilidade nas comunicações funciona na rotina; 2 – Boa, apesar de muitos erros cometidos na comunicação, na média as operações são concluídas com êxito; 3 – Regular, as comunicações não são satisfatórias levando a perda de tempo, isto não aparece porque o GLP disponível para processamento não ocupa toda a capacidade da refrigeração; 4 – Difícil, as comunicações não permitem a boa operação das instalações.

13º Como sabemos, na rotina da operação, que a secagem e regeneração tiveram sucesso nas suas operações? A. Pela rapidez na saturação; B. Pela pressão na descarga do compressor; C. Pela presença de hidratos prejudicando escoamento em trocador e válvulas; D. Pela indicação no instrumento de umidade; E. Todos.

14º Se o fluido refrigerante tiver teor de butano alto, o que acontece? A. Altera a pressão na descarga do compressor na refrigeração; B. Altera a temperatura na refrigeração; C. Altera a quantidade de hidratos; D. Altera a eficiência da refrigeração; E. Todas acima; F. A, B, D.

15º Porque é necessário comprimir os vapores de topo do tanque de refrigerado (temperatura mais baixa) e não é necessário fazer o mesmo serviço nas esferas (pressão mais alta)?

APÊNDICE C – Resumo das enquetes aplicadas sobre Comportamento Humano e Cooperatividade

COMPORTAMENTO INDIVIDUAL

Quadro C.1 - Amostra de questionário aplicado

LOTE 1	Você se despede quando os outros ainda continuam interessados no que possa dizer? Suas visitas são curtas? ...
LOTE 2	Você é amável com quase toda gente que conhece? Tem dó das pessoas que são enviadas para a prisão? Toma geralmente a defesa dos oprimidos? ...
LOTE 3	Você devolveria o troco que tivesse recebido a mais? Apieda-se dos animais sem dono? Gosta de contemplar as crianças brincarem? Você se alegra quando contempla coisas belas? ...
LOTE 5	Prefere música ligeira, leve e alegre do que outro tipo? Tem sido mais ou menos bem sucedido na maioria dos trabalhos a que se tem dedicado? É paciente num congestionamento de tráfego ou em outra situação irritante?...
LOTE 6	Fica apenas ligeiramente transtornado quando seus planos não se concretizam? Fica apenas ligeiramente embaraçado quando acontece um erro? Tem bom autocontrole? Considera-se nervosa? ...
LOTE 7	Você procura gostar das pessoas pelas quais não sinta atração? Evita interromper quando alguém está conversando com outrem? Lembra-se do nome e da fisionomia das pessoas que você encontra?...
LOTE 8	Seus filmes cinematográficos favoritos são aqueles cujo tema gira sobre a sociedade? Gosta de falar sobre lugares importantes que tenha visitado? Detestaria fazer uma viagem em companhia de operário?...
LOTE 9	Procura fazer os outros sentirem que é muito inteligente? Os outros costumam fazer-lhe gentilezas?...
LOTE 10	Procura vingar-se quando é criticado? Aponta as falhas das pessoas numa conversação? Uma crítica irrita-o?...

COOPERAÇÃO E LIDERANÇA

INCLUSÃO

Eu procuro a companhia de pessoas em geral.
Eu deixo que outras pessoas decidam o que fazer e não necessito liderar para tomar a decisão.
Eu participo de vários grupos de pessoas em vários ambientes, no trabalho e fora.
...

CONTROLE

Eu procuro ser cordial com as pessoas, a qualquer momento inclusive no trabalho.
Eu deixo que outras pessoas decidam o que fazer, não faço questão de estar na liderança.
Minhas relações pessoais com as pessoas são reservadas e impessoais.
...

AFETO

Eu assumo o comando quando estou com pessoas.
Eu gosto que as pessoas me convidem para fazer coisas juntos, a qualquer momento.
Eu gosto que as pessoas me tratem com intimidade....

APÊNDICE D – Dinâmica de Cenário de Risco. Quadro D.1- Resultado da Dinâmica de explosão de forno no processo de GLP.

Título	Sinistro: Incêndio, explosão e poça de f	Analise de Risco – Dinâmica de Estresse					
	Etapa 1 Sinais anormais	Etapa 2 Descontrole de Processo	Etapa3 Erros na Tarefa e Impactos Eq	Etapa4 Descontrole na Segurança	Etapa4	Etapa5 Contigência de Sinistro	Etapa5
Dado	Sinais de processo e de operação: fluxo na regeneração (ga102 e nível no fa102), presença de chama no forno e inspeção nos internos do forno.Temperatura e vazão oscilando no processo, solenóides em teste falham e sujeira detectada no piloto na última inspeção;Queima na tocha indicando presença de ar no GLP.	Parada temporária no fluxo de processo (ga102); Controle de nível manual no dreno da bota e nível do fa102; Fogo apaga no queimador devido falha no piloto;Esfera retorna de manutenção com presença de ar (purga com N2 falha); Controle de temperatura e vazão com dificuldades de enquadre	Ao apagar a chama e não haver o desligamento do forno ocorre a não queima e enchimento do forno c gás, falha no N2 e ruído na área impede detectar esta falha. Sobre-aquecimento localizado serpentina fragilizada.Cheiro de gás aparece mas não é tomada ação pela operação; Apesar da tocha indicar presença de ar no glp, não foram tomadas ações investigativas A esfera alinhada para o fa117 veio de manutenção (outro evento);	Forno rico com gás, serpentina fragilizada. Parou momentaneamente fluxo de glp no lado de processo da serpentina. Sobre-aquecimento levando a vazamento de gás para o corpo do forno, fogo, ar e combustível provoca queima descontrolada de grande quantidade de GLP que vem da serpentina.	Dumper restringido iniciando problema de explosão.Presença de ar devido a retorno de esfera após manutenção. Explosão da serpentina, e do forno...Incêndio externo devido vazamento de gás para atmosfera. Ocorreu demora na tomada de ação e espanto em estar acontecendo c poucos alarmes ou indicações.	Presença de O2 em excesso no circuito permitindo formação de canal de fogo. Explosão do forno leva a contra-pressão para o processo enviando fogo para o fa102 e fa117.A propagação de fogo, volume fixo e liberações de gases da queima fortemente pode levar a explosão do fa102 e fa117. A presença de incêndio externo e explosão em vasos e equipamentos, faz com que a brigada de incêndio seja acionada.	Esta não resolve muito pois o fogo está difundido. O fogo se propaga e acaba afetando a comunidade vizinha. O que fazer?
Ações Gerenciais							
Grupo 1	Verificar filtros (possibilidade de obstrução); Verificar funcionamento de controladoras; Verificar alinhamentos observando pressões operacionais e contra-pressão; Verificar flanges, raquetes e passagem de válvulas	Retornar fluxo de glp para o pressurizado; Verificar vazão de entrada e de saída do fa102 (compatibilizar); Solicitar verificação da funcionalidade das solenóides e sensor de chama	Verificar e corrigir alinhamento de N2 para o forno; Bloquear alimentação do fa117 para o forno; Interromper transferência e bloquear entrada de glp no forno; Realizar abertura de drenos do forno e serpentina para o flare (queima controlada); Realizar resfriamento dos equipamentos aquecidos.	Acionar o alarme e a evacuação de área; Comunicar à Coordenação (fluxograma de comunicação); Solicitar apoio da brigada; Iniciar resfriamento de vasos críticos vizinhos; Bloquear válvulas de tripla ação e firesafe; Avaliar cenário e danos		Realizar Comunicação e evacuação da comunidade vizinha; Realizar alinhamento de dispositivos para formação de cortinas de contenção; Realizar comunicação com coordenação e gerência, afim de decidir sobre evacuação da comunidade	
Grupo 2	Intertrava parcial = fecha queimador; Temperatura alta: trip total = fecha queimador + piloto	Intertrava o forno; Corta fluxo de glp pressurizado; Tratar o processo.	Botão de emergência; Parar toda operação; Isolar a esfera	Acionar sinal de emergência; Evacuar a área; Acionar brigada de emergência; Comunicar a gerência		Sirene; Brigada; Defesa civil; Abandono de área	Participou mas não registrou! Houve somente alguns registros e não programa de ações! Houve resistência
Grupo 3	Tentar ajuste de vazão através de controladores PIC3170 e FIC3253; Interrupção da operação de regeneração devido à suspeita de ar na linha de flare	Interromper operações; Observar se a purga do forno foi iniciada após desligamento do forno; Isolar interligações da esfera, inclusive com fa117; Drenar fa102; Inertizar sistemas com N2	Acionar purga do forno manualmente; Isolar interligação da esfera, inclusive com o fa117; Retirar forno de operação; Evacuação da área e acionamento do plano de contingência	Acionar botão de emergência; Dar início ao plano de contingência; Interromper todas as operações em curso; Isolar foco de incêndio dos demais vasos resfriando os equipamentos no sinistro		Acionar sistema de resfriamento das esferas e tanques ameaçados; Acionar Plano de contingência; Analisar possíveis manobras para reduzir inventário de queima; Com apoio da brigada e bombeiro, isolar ao máximo a área de incêndio	
Grupo 4	a) Fluxo na regeneração (ga102 e nível no fa102): Verificar funcionamento da 3170; Verificar funcionamento das bombas de pressurizado; Verificar possível funcionamento das hvs e fvs; Verificar funcionamento da ga102 e alta temperatura no fa102 compromete o funcionamento da ga102; Verificar drenagem fa102; b) Presença de chama no forno: Purgar com nitrogênio pois a presença de oxigênio + glp pode causar explosão	Desligar queimadores; Injetar Nitrogênio; Parar as bombas do pressurizado; Drenar torre; Isolar a esfera e reiniciar a purga de Nitrogênio	Interromper operações; Bloquear válvulas dos sistemas de admissão de gás no forno e no sistema de regeneração; Purga manual de Nitrogênio no forno; Admitir nitrogênio na linha das serpetinas; Sistema de combate a incêndio em alerta; Bypass do fa117, utilizando outra alternativa de queima da tocha (aliviando linha do pressurizado para a tocha)	Acionar sistema de combate a incêndio; Chamar equipe de contingência - mirim e rlam; Esgotar inventário dos vasos; Resfriar todos os vasos e a rede de incêndio; Avisar aos supervisores - PEL		Acionar sistema de refrigeração das esferas; Acionar defesa civil/ bombeiro e solicitar a evacuação da comunidade em torno; Acionar o PAM	

APÊNDICE E – Gráficos de Resultados Humanos

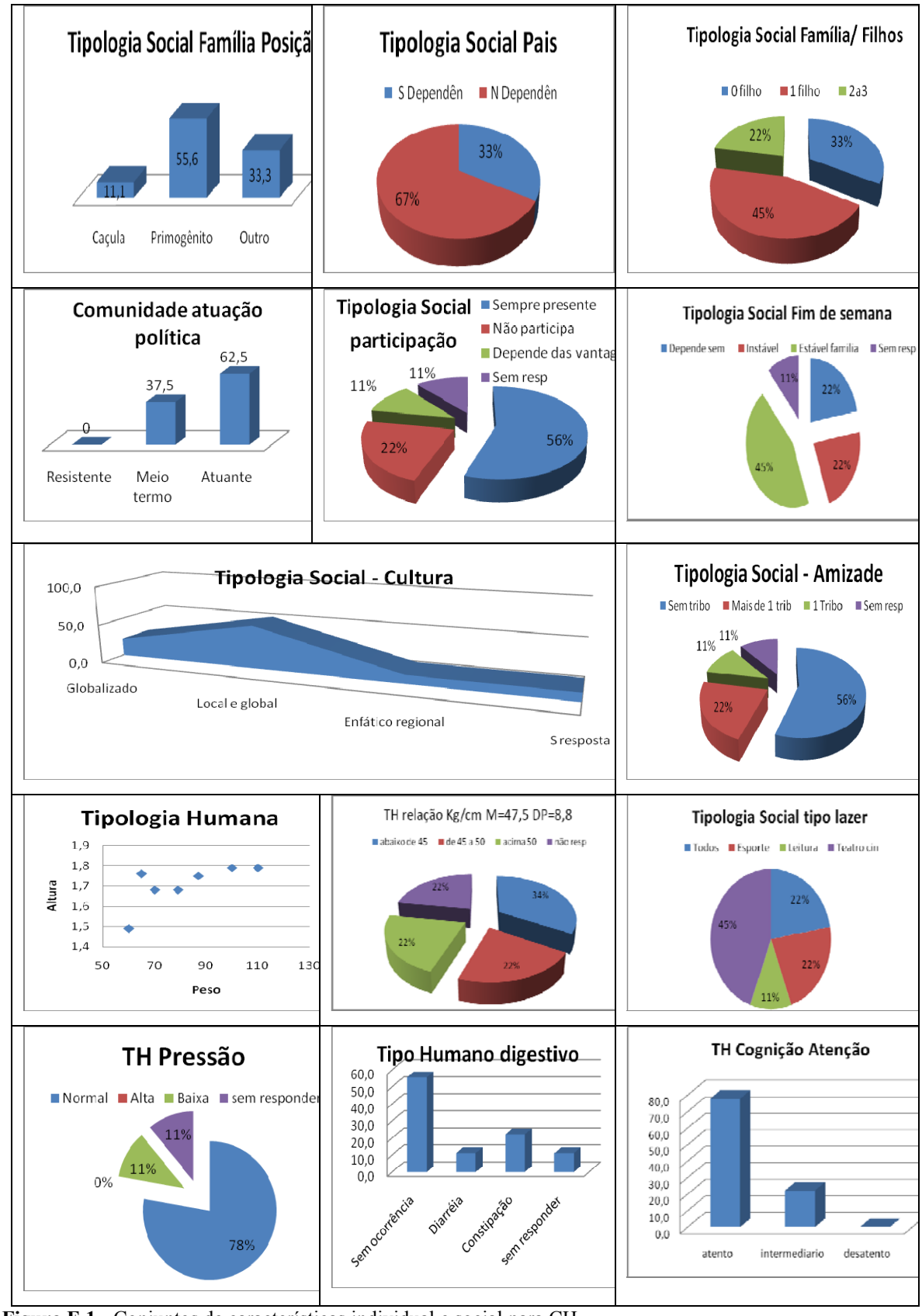


Figura E.1 - Conjuntos de características individual e social para CH.

APÊNDICE F – Estratégias para investigar Perdas de Processo: Palestras e RECHA

Palestras, visitas e reuniões

Os comentários abaixo são observações resultantes de palestras, reuniões, workshops, aulas e visitas realizadas nos vários segmentos das indústrias, em empresa de serviços de transporte e armazenamento de fluidos derivados de petróleo e nas universidades.

A Indústria de Petróleo, em refino, possui aspectos próprios de corporação industrial pública, com cultura operacional forte e modelo decisório com valores acentuados na operação. Os operadores e engenheiros em geral, devido à situação de estabilidade laboral e corrigir as falhas na indústria. Somada a projetos inadequados, esta situação conduz à subutilização de bombas, à falhas de monitoramento e à atuação inadequada de válvulas de controle, o que leva à existência de muitos eventos de perdas de derivados do petróleo. O compromisso do trabalhador em relação às metas organizacionais depende da conquista diária da equipe, pelas lideranças da operação, promovendo, em algumas situações, dificuldades na passagem do turno. Outros problemas da operação estão ligados ao craqueamento de resíduos sólidos, onde pequenas paradas provocadas por erros humanos podem gerar grandes perdas de lucro cessante na unidade de refino. Nota-se o desinteresse pelo lado ambiental e a existência de eventos múltiplos relacionados a incêndio e parada de planta.

Vale a pena ressaltar que outras unidades de refino localizadas em regiões específicas, mas, fazendo parte da mesma empresa industrial pública na área de petróleo, têm padrões exemplares no que diz respeito à Confiabilidade Humana. Os gestores trabalham delegando e a política de consequência é praticada inclusive com negociações anteriores com o sindicato de empregados.

A Exploração e Produção de Petróleo em plataformas têm grandes desafios em explorar campos cada vez mais distantes e de acesso mais difícil, com atividades fortemente remotas, atribuindo criticidade a funções no supervisório. Por outro lado, com desafios elevados na manutenção de subcontratadas que equivalem a 70% dos participantes desta atividade, principalmente no que se refere à ocorrência de acidentes e perda de produção. Sabe-se que as análises de riscos que não incorpora os fatores humanos não são confiáveis na sua aplicação em novos projetos e nas atividades de rotina na operação.

Na Exploração de Petróleo, os padrões aplicados a contratadas são teoricamente os mesmos realizados na empresa. Na prática, porém, devido a questões relacionadas a contratos baseados no preço e não na competência, acaba gerando situações não adequadas nas áreas de segurança e de produtividade na produção de petróleo. Os elementos da Confiabilidade Humana não estão internalizados e a estabilidade de emprego e baixa rotatividade trazem uma equipe antiga e com vícios difíceis de serem vencidos.

A Indústria Petroquímica de Insumos básicos tem interesses dirigidos na melhoria da Confiabilidade Operacional, representada principalmente pela área quente ou de fornos, sistemas pressurizados e controle de perdas de energia e de água. Nos fornos, leva-se em conta o tipo de nafta alimentada, o forno utilizado, a filosofia de controle de processo e de segurança adotadas. A rotina de operação pode levar a perdas de energia e de massa frequentes dependendo da forma de operar e do compromisso com as metas organizacionais. Às vezes, as metas organizacionais não são claras e o compromisso passa a ser personalizado de alguns turnos e de algumas pessoas, quanto à eficiência organizacional.

Nos principais grupos da indústria petroquímica, a cultura organizacional se encontra baseada em tecnologia empresarial que transforma cada unidade de trabalho em empresa. As empresas

individuais após atingirem as metas do período, se cristalizam, levando a situações não adequadas para a competitividade da indústria. Aparentemente, a visão corporativa acaba atrapalhando a estabilização das competências na atividade de rotina, gerando muita rotatividade entre as unidades industriais na área gerencial e técnica.

A indústria química possui eventos operacionais anormais relacionados com a alimentação de matéria-prima e controle de reação. Estes eventos podem provocar impactos ambientais com vazamentos e transbordos que são potencializados quando se considera a toxidez dos reagentes. A reação química pode apresentar descontrole, levando a eventos diversos de recirculação da purificação ou de reprocesso do produto acabado, limitando, assim a sua continuidade, carga da reação e qualidade do produto acabado. A área de acompanhamento de processos não está estruturada para analisar falhas latentes e buscar a causa raiz em problemas complexos; existem muitas correntes de reciclo e o padrão da operação de fábrica não é adequado. A vazão que circula nos processos da indústria química está em torno de 5 a 10 toneladas por hora e a variante ambiental pesa sobre a sustentabilidade do negócio.

A indústria de polímeros está preocupada com os índices de consumo elevados e o comportamento da operação referente a operações de parada, partida e emergências. As perdas através de emissões fugitivas de solventes voláteis e as perdas de solvente através do efluente líquido levam a gestão da produção a buscar melhores práticas e seus respectivos treinamentos. As equipes dependem de líderes que centralizem o controle das operações para "puxar" as atividades; isto não é muito interessante porque distancia em relação à possibilidade de autogestão. A rotação elevada dos gerentes pode levar a perda de "timing" para desenvolvimento de fidelidade com resultado no aumento do compromisso e na real aplicação das competências.

A indústria de plásticos que precisa aumentar a escala, devido às configurações econômicas da indústria de polímeros. As questões de segurança, com reais possibilidades de acidente com afastamento e o padrão de operação mais rudimentar geram a preocupação de automatizar serviços perigosos e realizar treinamento no site por multiplicadores internos. Na Itália, a legislação tem sido mais rígida em Segurança, devido às pequenas empresas de plástico, com o incremento da ordem de 5% anual dos índices de acidente. Ou seria como resultante de falta de ajuste da cultura de segurança sem analisar as mudanças culturais?

A indústria de celulose trabalha com sólidos na entrada e na saída e tem preocupações altas nos procedimentos de manutenção, devido à quantidade de equipamentos rotativos. O nível de competência exigido para os operadores desta indústria não se compara ao exigido para a Indústria de Refino ou Petroquímica e pela quantidade de materiais sólidos e equipamentos mecânicos, o trabalho requer bom conhecimento de interface homem-máquina no campo. Muitos terceirizados, como na indústria de petróleo, requerem uma gestão de contratos criteriosa, inclusive no que se refere a aspectos ligados à Confiabilidade Humana. Diante do apresentado, a possibilidade de acidentes é alta e requer programas de sensibilização, da mesma forma que na Indústria de Refino.

A indústria nuclear, bastante discutida neste trabalho, muito preocupada nas análises quantitativas de Confiabilidade Humana devido ao risco potencial de um acidente catastrófico como o que ocorreu em Chernobyl (LLORY, 1999). O controle desta indústria envolve automatismo elevado e a possibilidade de ocorrer erros humanos por operadores, principalmente no supervisório. Muito treinamento é desenvolvido a partir de simulações de processo em sala de controle e existe grande empenho na análise de risco dos projetos da Indústria Nuclear. O automatismo e a redundâncias levam ao conforto do operador, podendo se transformar em falha latente por baixa atenção.

Os serviços de geração e distribuição de energia elétrica que em casos de falha na gestão de distribuição podem provocar grandes prejuízos à sociedade e à indústria, como a queda de energia em Itaipu, atribuída a eventos ambientais e que na verdade também tem responsabilidade humana e de tomada de decisão. Na indústria química e petroquímica o principal motivo de acidentes por morte é operações em subestação, indicando o risco elevado destas operações. O excesso de automatismo no controle de distribuição de energia elétrica indica a possibilidade de algo dar errado e a inação do homem em detectar os sinais e a anatomia da falha em andamento.

Os serviços de logística em transporte e armazenamento de gases inflamáveis com potencial de ocorrência de grandes incêndios a partir de vazamento de GLP. Os volumes transportados, armazenados e processados são muito altos e a volatilidade do GLP nas condições ambientais é grande, espalhando rapidamente pela atmosfera. As operações com GLP devem ser classificadas como perigosas, levando em conta o volume elevado, a alta velocidade de difusão e a aproximação de comunidades. A análise de riscos sobre incêndio e explosão deve levar em conta os sinais indicados na ocorrência da operação. A possibilidade de corrosão é um agravante para a perda de estanqueidade dos equipamentos. A automação é uma necessidade para este tipo de planta devido aos alinhamentos serem feitos em válvulas de elevado calibre e altas vazões e pressões.

Nas Universidades nota-se grande publicação na área de segurança e especificamente em análise de riscos. Na engenharia química existem trabalhos em confiabilidade de processos, mas poucos trabalham a análise da tarefa na rotina da operação. Enquanto na Itália, Canadá e Inglaterra têm sido realizados muitos trabalhos na área de engenharia cognitiva, no Brasil pouco tem sido feito. Os fatores humanos não são analisados de forma intrínseca, como proposto nesta pesquisa, com a identificação de tipologia humana na rotina e na emergência.

Os empreendedores da indústria têm levantado uma discussão importante sobre o nível de instrumentação automática para evitar situações de risco. As técnicas como LOPA têm sido usadas pela indústria de petróleo e petroquímica, mas não se consegue incorporar índices para o fator humano. As redundâncias e operações totalmente automatizadas em processos de parada na indústria têm deixado a operação desconfortável em processos não enquadrados no programa Seis Sigma. A variabilidade dos processos indica que a automação nos sistemas instrumentados de segurança deve ser intercalada com níveis de decisão discretos até que o controle e processos seja totalmente estabelecido.

O conhecimento da tarefa realizada em sistemas automáticos e a possibilidade de abortar estes sistemas retomando a ação cognitiva e manual pela operação são discussões importantes que vem sendo travadas nas corporações industriais e de serviços.

Rede de Confiabilidade Humana Aplicada - RECHA

Em tempos de globalização, os empreendimentos industriais em meio econômico buscam formas de se manter em crescimento, atendendo aos novos paradigmas de sustentabilidade. A busca por fontes de matéria-prima e de energia renovável é forma duradoura que está sendo adotada pela indústria, mesmo sabendo que, em alguns casos, está sendo necessário desenvolver novas tecnologias para processos e equipamentos, viabilizando a utilização destas fontes renováveis.

A diminuição de perdas no processo, por outro lado, é outra forma de se atingir a sustentabilidade, que não exige desenvolvimento de tecnologia intensa em equipamentos, mas exige conhecimento sobre os fatores humanos nos sistemas técnicos.

Os estudos atuais na área de gestão são formatados com base em técnicas "*Top➔Down*" e buscam aumentar a produção industrial sem impactar aspectos sociais, ambientais e de qualidade. O envolvimento do comportamento humano nestes estudos de gestão dificulta o trabalho com dados numéricos, dirigindo para a área subjetiva e impedindo a correlação de fatores humanos com desempenho na tarefa.

Nestes estudos, a estatística é utilizada para analisar as perdas de processo após acontecerem, não permitindo o trabalho de predição quanto à confiabilidade humana. A intenção desta rede é estudar Sistemas de Gestão de Risco que atuem sobre os fatores técnicos, humanos e ambientais, para diminuir as perdas de processo. O maior desafio é incluir nos modelos de decisão gerencial, a análise e o controle sobre ambientes sociais propícios para evitar o erro humano que, caso ocorra, prejudica a eficiência de sistemas técnicos.

Esta metodologia resultante da pesquisa valoriza a informação "*Bottom➔Up*", utilizando registro de ocorrências que possui robustez para sugerir formas de atuação específica por unidade industrial. O conhecimento da rede social faz parte das investigações científicas, permitindo que a resultante grupal fortaleça a eficiência organizacional.

Em nível de investigação científica, existem poucos grupos brasileiros atuando no estudo de fatores humanos que afetam a eficiência organizacional. A maior parte está concentrada em aspectos conceituais quanto a fatores que podem provocar acidentes na indústria ou na área de transportes, inclusive com aspectos de projeto.

A Rede de Confiabilidade Humana que se constrói pretende reunir conhecimentos e aproximá-los do meio a ser aplicado. A possibilidade de desenvolver tecnologia gerencial aplicável em sistemas técnicos permite atuar com custo reduzido em sistemas com aplicação e resultados em todas as áreas da indústria e dos serviços de transportes.

Textos lançados na RECHA

Durante a realização do Doutorado, foram preparados textos e documentos lançados na rede de contatos da RECHA, parte como resultado do contato com a indústria e universidade. Esta rede é composta por 400 interessados no assunto Confiabilidade Humana.

Os textos foram divididos em temas à medida que foram lançados na rede de contatos iniciando pelo assunto (A) Gestão de riscos e Perdas de Processo, onde o papel do gestor dá produção e o conhecimento dos riscos de processo facilita a decisão sobre projetos e definição de mecanismos de defesa. As informações escritas no formato latente do discurso do operador permitem construir hipóteses acerca da anatomia da falha e a tomada de ações com maior assertividade. O gestor deve preparar a equipe para situações de emergência, tendo o mapa mental estabelecido e, apesar de sistemas em redundância e sistemas instrumentados de segurança, saber fazer diagnóstico sobre a sequencia de acontecimentos. Os textos anexados a esta pesquisa são (A2) "A importância do discurso do operador", (A7) "Redundâncias múltiplas e efeitos colaterais", e (A11) "Gestão da Produção.."

Um assunto subjetivo como (B) "Cultura técnica, organizacional e de segurança" requer formas de discussão quanto às suas normalidades ou anormalidades, ou estados doentios. Nos textos lançados até o momento, tem foco sobre os estados doentios onde, os (B1) "Sistemas de Gestão e informática" exaurem as atividades do operador, impedindo-o de ir a campo desenvolver suas atividades e o costume de atuar muito isoladamente, e com metas mais individuais levando a perda das metas grupais e o aparecimento do (B2) "EGO insuflado e do falso poder sobre territórios".

Na discussão específica sobre (C) Confiabilidade Humana são discutidos os Erros humanos na execução da tarefa, como a falha latente se transforma em falha ativa e quais as semelhanças entre atividades que transportam fluidos, pessoas e energias. Uma breve discussão sobre as várias (C5) funções na indústria e o erro humano e a apresentação de algumas ferramentas para estudar a queda de energia e as falhas humanas e gerenciais.

Um assunto importante com emissão de textos previstos é o (D) Processamento Cognitivo e o Comportamento, onde o padrão do comportamento é avaliado quanto às características de cooperação e liderança para a realização da tarefa no turno. Outro assunto é a (E) Medição de competências e seu desenvolvimento, que depende de o que a tecnologia demanda e o que a equipe oferta. O segredo no reconhecimento da demanda e da oferta é a identificação da cultura técnica com base no discurso do operador presente no livro de turno, nas variáveis de processo e no resultado para a organização.

Por demanda de componentes da RECHA foi solicitado desenvolvimento de tópicos na área operacional, (F) Focando na Operação, tanto em rotinas limpas na produção, inventário de anormalidades operacionais, uma breve descrição dos (F4) trabalhos do operador e os riscos de cometer erros humanos, além de (F5) casos da rotina e análise destes casos sob o ponto de vista de Confiabilidade Humana.

As (G) Técnicas de análise da tarefa são discutidas baseadas em caso da indústria de processamento de gases, onde (G1) a sua topologia, os aspectos de esforço físico e cognitivo, além da sua complexidade são analisados. Além disto, a tarefa é analisada de forma dinâmica quanto aos riscos de ocorrência da falha. Nos (H) Relatórios de visita estão descritos as viagens para divulgar o assunto Confiabilidade Humana e Operacional, através de congressos, reuniões e palestras. Também são divulgadas as (I) apresentações realizadas nas várias instâncias já citadas. Os principais artigos usados como referências para o Doutorado são distribuídos com os respectivos comentários e alguns (K) programas localizados na internet, da indústria nuclear, serviço de trens e transporte aéreo é enviado para os componentes da RECHA.

Componentes da RECHA na Indústria e Universidade

O principal participante da RECHA é a indústria, nos vários segmentos de processo contínuo até a manufatura e projetos, como na linha de produção de aviões na Embraer. Os grupos de química inorgânica e química fina, incluindo sais e acrilatos, grupos na linha de princípios ativos para detergente e fornecedores de gases industriais, encontram-se representados por profissionais específicos na RECHA.

Ao mesmo tempo em que multinacionais da área química e empresas nacionais que atuam inclusive na linha de biorefinarias e de plastificantes têm discutido o assunto, este pessoal é mais ligado à área de produção do que à área de segurança. As Federações de Indústrias dos estados da Bahia e do Rio de Janeiro tem trocado *e-mails* sobre o assunto, assim como comissões locais ligadas ao Polo de Camaçari. A indústria pública de fertilizantes está atuante na linha de Confiabilidade ligada ao chão de fábrica. No Refino de petróleo notam-se iniciativas aleatórias e não orquestradas na linha de Confiabilidade Humana. Na Petroquímica não se consegue seguir um Programa de Confiabilidade Humana, tem-se passado por eventos de parada, demonstrando baixa Confiabilidade Operacional.

A empresa pública de logística, armazenamento e transporte de fluidos derivados do petróleo, tem se interessado no assunto e, por ter modelo de decisão mais simplificado viabilizou participar desta pesquisa em detalhamento. As regiões de produção de Santos, Bahia,

Campos, Rio de Janeiro e Espírito Santos são interessados no assunto principalmente no que se refere a acidentes e perda de tempo. As Consultorias em Gestão de Riscos e Confiabilidade de São Paulo estão bastante atualizadas sobre Gestão de Riscos tendo poucos trabalhos na área Humana, e sempre tem comentado sobre o assunto nas discussões da RECHA. Assim como as empresas de engenharia que podem atuar na linha de projetos como a IHM.

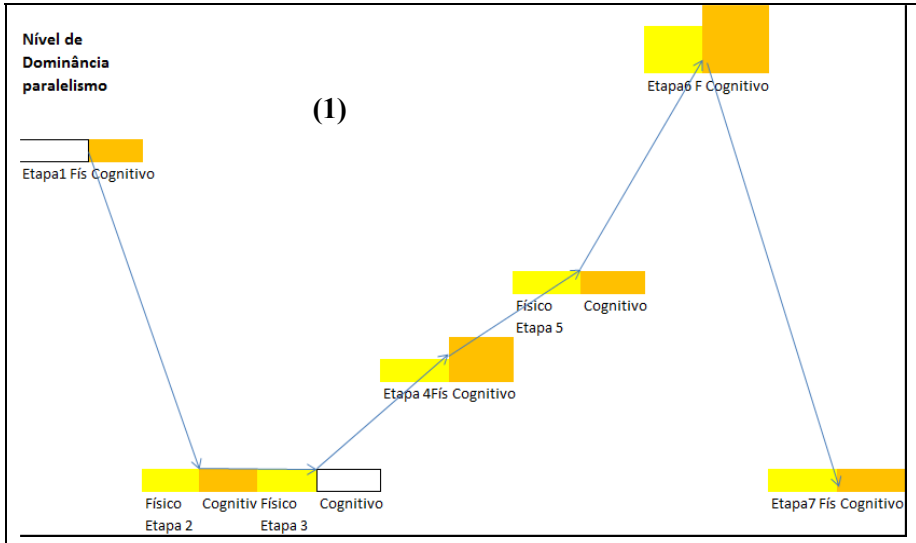
Os serviços de aviação podem, a partir desta discussão, incluir critérios em projetos de seus equipamentos, principalmente no que diz respeito a Análise da tarefa. A engenharia nuclear aqui é representado pelo órgão executivo da política governamental e que realiza os projetos para nossas unidades no Rio de Janeiro. A indústria de metalurgia e de siderurgia tem tido muito interesse na área discutindo, técnicas para sua utilização e diminuindo o consumo de energia e reduzindo a perda de tempo por erro humano.

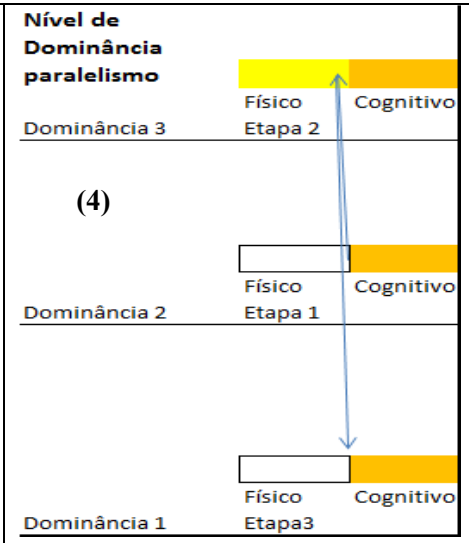
Alguns institutos de tecnologia local e nacional, além de pesquisadores e consultores interessados na área de Confiabilidade Humana, estão presentes na RECHA e atuantes no mercado. As associações de indústrias e de profissionais participam da discussão e estão acordando para a necessidade de ações conjuntas, cooperadas, para reduzir o erro humano, inclusive quanto à construção de um banco de dados para análise de riscos.

Alguns órgãos financiadores locais e federais estão na rede, na esperança de induzir pesquisa através de editais e convites, onde se pretende difundir o conhecimento sobre Confiabilidade Humana. O mesmo se diz a respeito de bancos que financiam a construção de novas empresas. Estes bancos devem criar critérios para financiamento também com base em Confiabilidade Humana. A indústria de bioenergia tem se interessado no assunto Confiabilidade Humana e Operacional, assim como a indústria farmacêutica e de química fina, cujo lucro dos seus produtos é escoado através de contaminações por erros humanos.

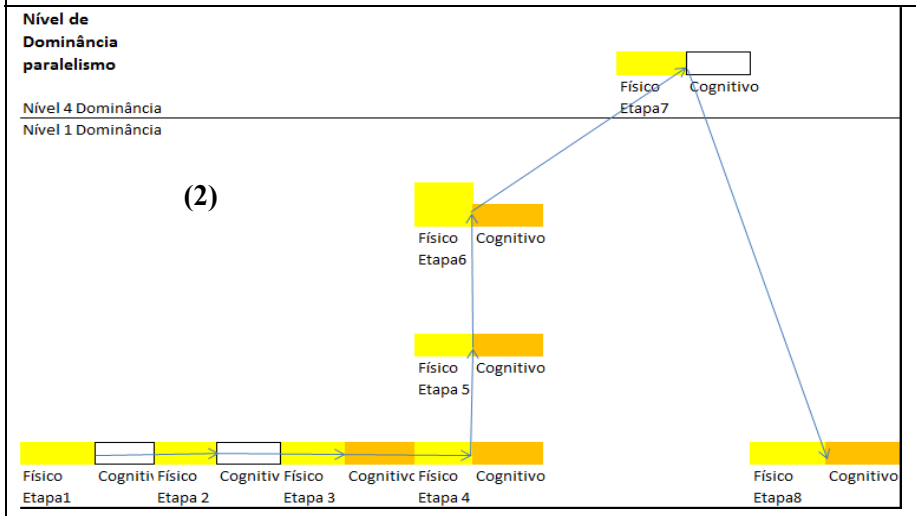
Uma indústria de petróleo e petroquímica coreana e consultores da Inglaterra fazem parte da rede e solicitaram que se iniciasse a rede na língua inglesa que será iniciada com o final desta pesquisa. Os serviços de informática têm interesse especial nesta área, tanto nos projetos em andamento quanto na aplicação de seus produtos. A Universidade corporativa de empresas públicas tem desenvolvido esforços para difundir o assunto assim como as Universidades públicas e privadas, sempre presentes embora muito timidamente nos Congressos e Simpósios no Brasil e Exterior. O assunto invadiu as editoras, que demandam publicações na área de Gestão de Riscos e de Confiabilidade Humana.

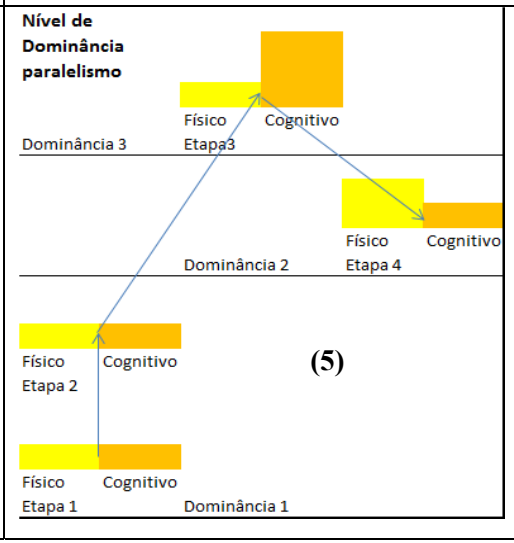
Apêndice G - Dominância e Paralelismo na análise da tarefa de regeneração da secagem.





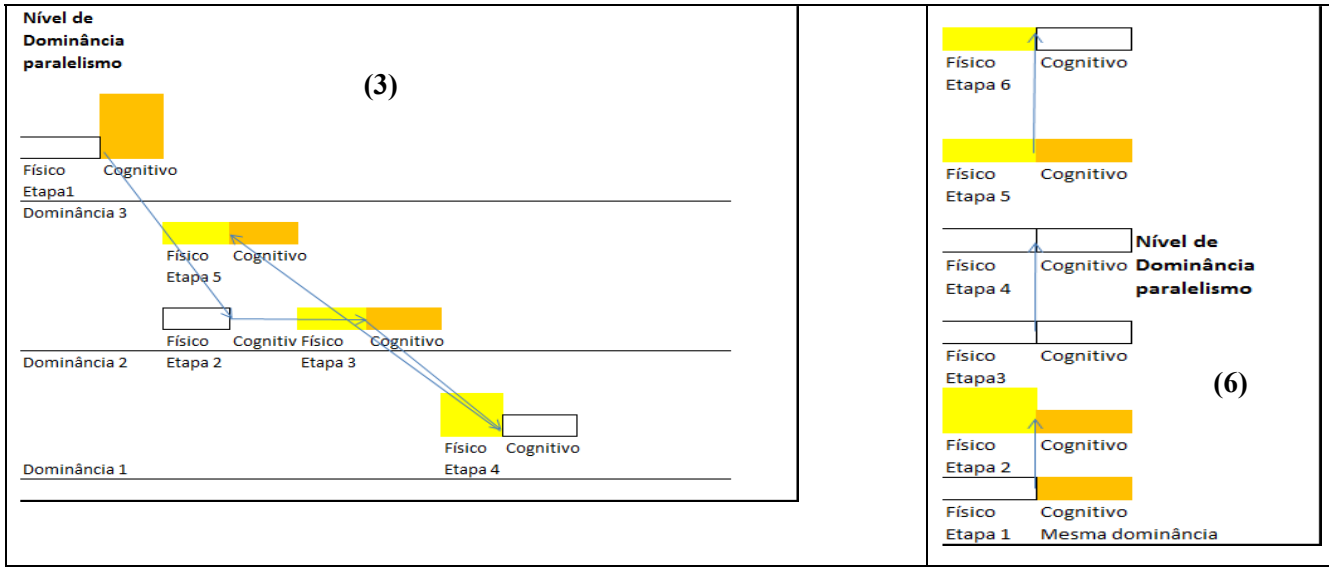
(1) Dominância em segurança maior para a etapa 6 e 1 recomenda instalação de salva-guardas imediatas.
As etapas são sequenciais podendo reduzir sobrecarga para os operadores nesta tarefa, depende da quantidade de horas por tarefa realizada no turno.





(2) O esforço físico e cognitivo em geral neste procedimento é baixo. O paralelismo das atividades 4, 5 e 6 pode implicar em esforço acumulativo de atividades paralelas.

Continua



		(3) Existem três níveis de segurança, o nível que mais preocupa é o da etapa 1. Mas, como existem 3 etapas que tem aspectos médios de cuidados em segurança é bom avaliar necessidade de salvaguardas.

Figura G.1 - Dominância e Paralelismo na análise da tarefa de regeneração da secagem.

APÊNDICE H- Processamento da Informação e da Memória Conjugada. Fonte própria.

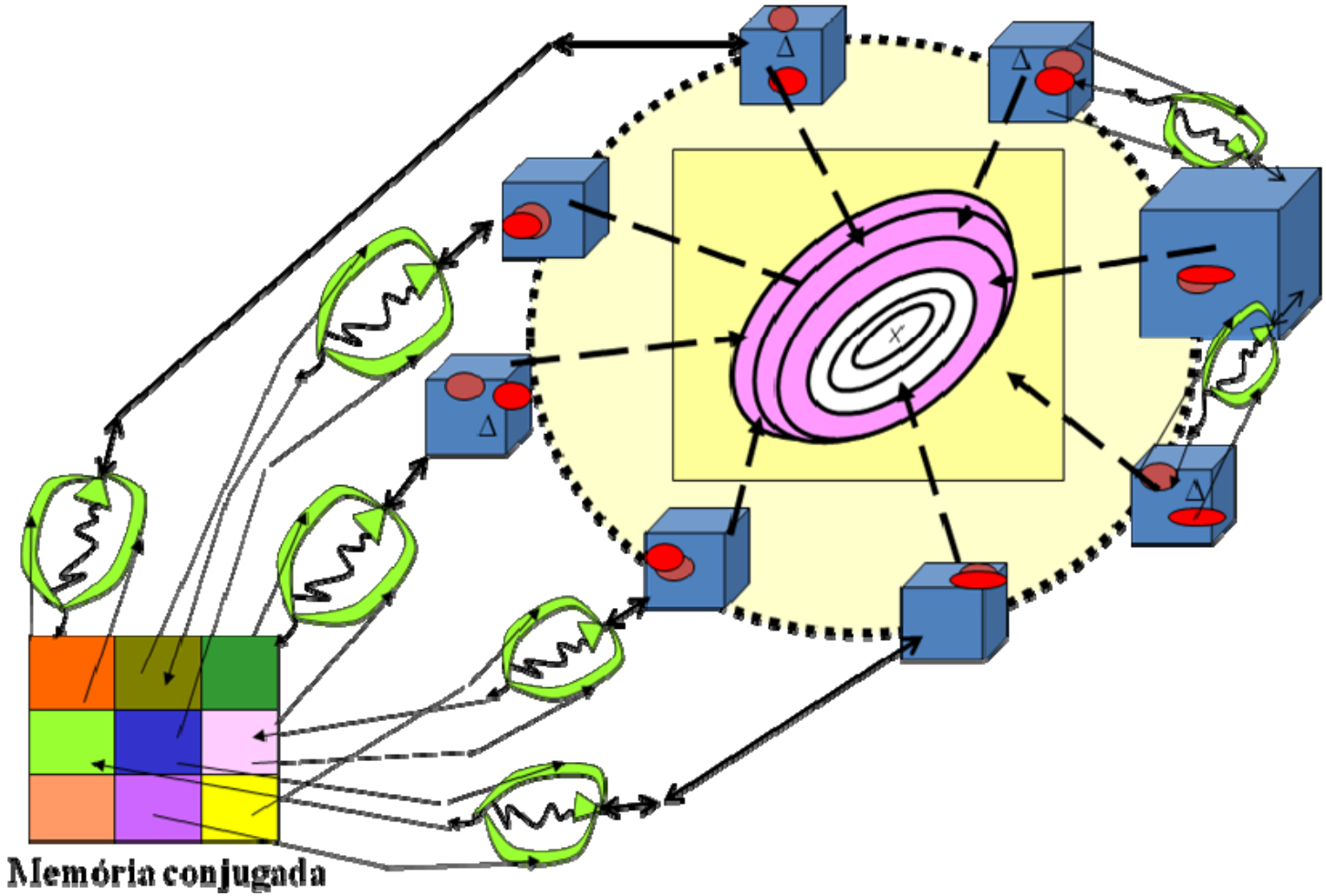


Figura H.1 - Memória conjugada para aplicação nos processos técnicos e sociais.

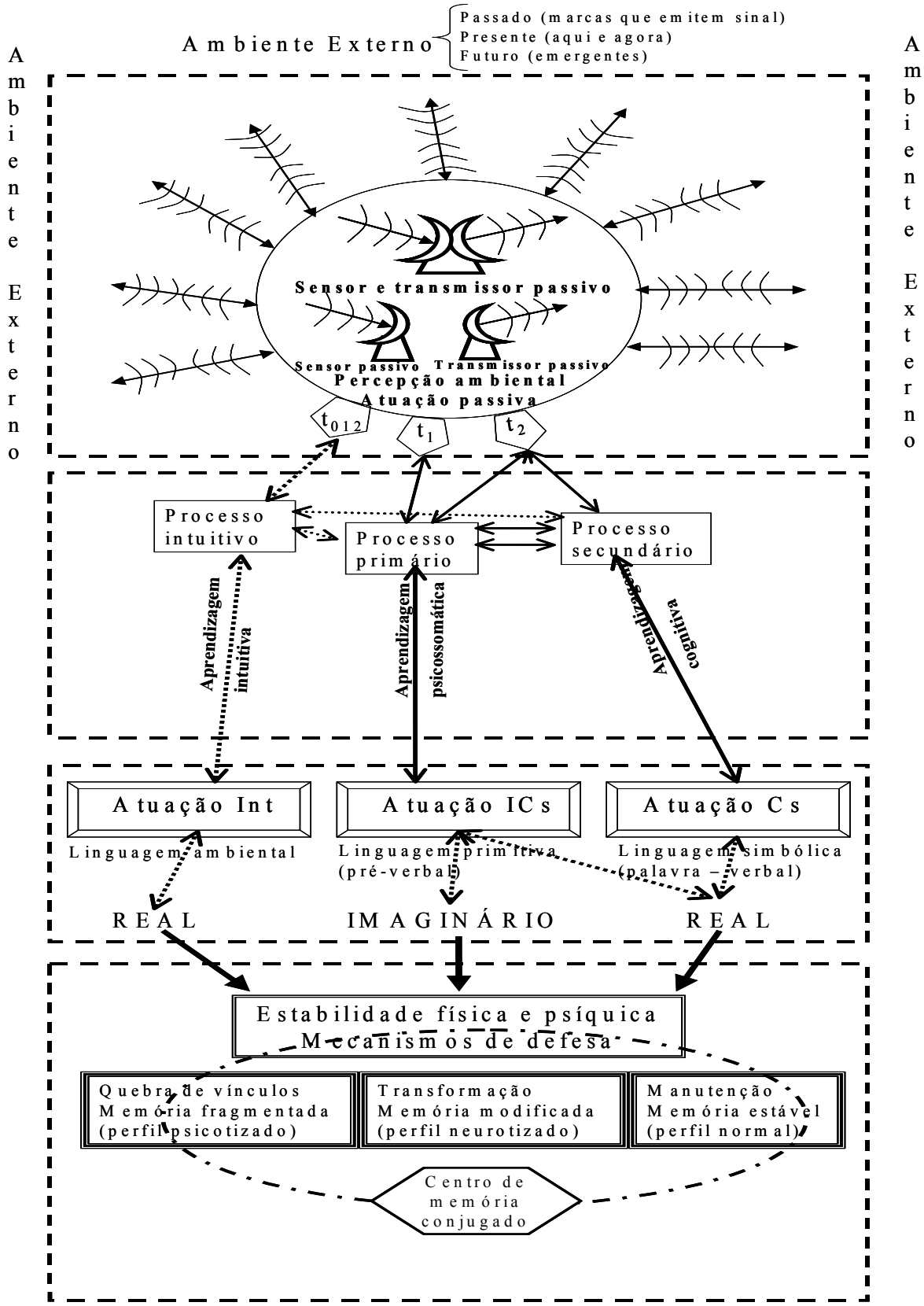


Figura H.2 - Processamento da informação para aplicação nos processos técnicos e sociais.

APÊNDICE I – Eventos de falhas na secagem e na regeneração

EVENTOS	Barreiras segurança	Consequência final	Causa raiz	Ação corretiva	Ação preventiva
(1) Sólidos na fotocélula	Limpeza automática da célula	Reduz produtividade e eficácia, afeta programação e risco de explosão	Em sigilo	Inspeção e limpeza	Revisão de contrato de manutenção e controle de mistura na queima
(2) Falhas no intertravamento	Redundância de intertravamento para chama	Reduz produtividade e eficácia, afeta programação e risco de explosão		Operar em manual e manter inspeção contínua	Revisar operação e projeto do sistema de intertravamento
(3) Descontrole de vazão e de T forno	Instrumentos em redundância e *checklist* adicional	Reduz produtividade e eficácia, afeta programação		Correção dos controles, inspeção contínua	Revisão de contrato de manutenção e melhoria de ambientes e cultura Técnica
(4) Descontrole de nível no fa102	Alarme e intertravamento adicional	Reduz produtividade e eficácia, afeta programação		Correção dos controles, inspeção contínua, limpeza	Revisão de contrato de manutenção e melhoria de ambientes e cultura técnica, automação >
(5) Falha no nível da bota fa102	Alarme e intertravamento adicional	Reduz produtividade e eficácia, afeta programação		Correção dos controles, inspeção contínua, limpeza	Revisão de contrato de manutenção e melhoria de ambientes e cultura técnica, automação >
(6) Descontrole de T – carga refrigera	Programação de produção e processo integrados por software	Reduz produtividade e eficácia, afeta programação		Ajuste da produção	Instalação de software e redundâncias gerenciais

Quadro I.1 - Eventos de falhas na secagem e na regeneração.

APÊNDICE J – Técnicas e Métodos para Análise da Tarefa

Tipo de análise	Objetivo	Benefício
Análise de Consenso da Tarefa – CARMAN: David Embrey	Desenvolver o manual de boas práticas das tarefas críticas em termos de segurança baseado no consenso em relação ao que se pratica na rotina	Evitar trabalhar na informalidade e simplificar ao máximo os procedimentos em direção a práticas comuns trazendo a segurança
Padrões e Procedimentos na Operação – PADOP: Salvador Ávila	Analisar eficácia e efetividade dos padrões e procedimentos críticos na operação	Racionalizar aplicação de recursos através da análise do ambiente, do processamento cognitivo e da forma de revisar a tarefa
IAT – Análise do ambiente	PCET - Analisar Processamento Cognitivo e Execução da tarefa	ATEE – Análise da Tarefa através da sua eficácia e efetividade
Planejar a tarefa– Frank Lees	Analisar a tarefa por ciclo de Planejamento baseado no conhecimento e revisão baseado na habilidade	Analisar a tarefa respeitando as implicações da Interface Homem Máquina e as competências na operação
(A) Análise do planejamento da tarefa	Projetar as tarefas baseado no padrão esperado de produto, equipamentos e das pessoas	Manter padrão de custo e de qualidade no produto e ambiental, manter equipe motivada
(A1) Arquitetura da tarefa	Organizar ordem das tarefas, procedimentos e etapas na administração da produção	Verificar nível de complexidade na topografia das tarefas
(A2) Projeto da tarefa baseado nos requisitos, etapas e metas	Organizar as tarefas por metas, requisitos, etapas e autorizações incluindo aspectos de automação, operação e segurança	Verificar se as metas são possíveis de serem atingidas e manter a tarefa segura em relação a possibilidades de acidentes
Análise Geral	*Análise Específica*	*Análise Funcional*
(A3) Análise de dominância em fatores organizacionais e paralelismo	Organizar as etapas da tarefa por ordem de importância em segurança e quanto ao seqüenciamento destas etapas e procedimentos	Auxílio na tomada de decisão para organizar a tarefa além de facilitar a análise da cooperatividade
Análise de dominância	*Análise de paralelismo*	
(A4) Análise de esforço físico e cognitivo baseado na complexidade da tarefa	Verificar a necessidade de ferramentas gerenciais e de controle de processos baseado nos esforços físicos, cognitivos e na complexidade da tarefa	Racionalizar recursos e realizar mudanças rápidas necessárias na tarefa
Esforço físico	*Esforço cognitivo*	*Complexidade da tarefa*
(A5) Análise das etapas da tarefa por tipo e local	A distância entre os locais onde são realizadas as etapas indica necessidade de postos de trabalho e o tipo de tarefa indica competências específicas com ferramentas adequadas	Racionalizar recursos e realizar mudanças rápidas necessárias na tarefa
	Tipo de atividade na tarefa	*Local de realização da tarefa*
(A6) Análise temporal e funcional da tarefa	Através de simbologias simplificadas propostas por Embrey analisar timming e organização da tarefa	Verificar dados necessários para a tomada de ação e tempos para execução da tarefa
(B) Análise dinâmica de falha da tarefa	Conhecer as cadeias de anormalidades na operação durante a rotina de execução das tarefas	Definir barreiras para evitar o acontecimento das anormalidades evitando falha na tarefa
(B1) Fenomenologia da falha na tarefa e definição do volume de controle	Delimitar onde (fisicamente) ocorre a falha da tarefa e amarrar o percurso do corpo da falha através dos equipamentos – mapeamento MEA	Após identificação das anormalidades da rotina operacional na execução da tarefa é possível estudar e medir a força da falha - SEGURANÇA
(B2) Análise lógica da tarefa por tipo de fator e por dimensão sócio-técnico	Definir as funções lógicas da tarefa para verificar o impacto e quais as barreiras já instaladas, os fatores operacionais que interligam cadeias ≠s	Facilita a identificação da causa raiz e o posicionamento das barreiras de segurança indicando onde revisar a segurança na tarefa
(B3) Análise da cronologia da falha	Identificar os tempos mais prováveis de acontecimento dos fatores da falha na tarefa	Facilitar a medição da falha para tomada de ações preventivas evitando a região de risco
(B4) Análise de migração da energia social e técnica na tarefa (materialização e informalização)	Analisar em que ponto a comunicação, a política, o discurso do gerente e do operador se transformam em corpo da falha na execução da tarefa	Facilitar correção de comportamentos que iniciam processos de falha técnica melhorando os meios de comunicação e trabalhando nos ambientes culturais da organização
(B5) Análise de conectividade da falha	Verificar os pontos em que a falha entra em conexão c outras falhas trazendo a complexidade	Aumentar a visibilidade do processo de falha facilitando medição e tomada de ação preventiva
(B6) Análise crítica das barreiras de segurança na tarefa	Através de diagrama de seqüência das tarefas analisar a eficácia das barreiras instaladas (técnicas, gerenciais e organizacionais)	Tornar possível a revisão de barreiras de segurança já instaladas e instalar novas ferramentas e dispositivos para evitar falhas

Quadro J.1 - Técnicas e Métodos e Análise da Tarefa.

APÊNDICE K – Resumo das Cadeias de Anormalidades

Cadeia	Evento	Descrição
Cadeia 1	Sistema de Incêndio	O Sistema de incêndio deve estar disponível na área de processamento de gases quando solicitado e tem anéis independentes para esfera e para os tanques de refrigerado. Verificar não conformidades identificadas nos *checks* das bombas deste sistema.
Cadeia 2	FD/ EF (sujeira e água)	São emitidos sinais como filtro sujo, e registrada a presença de água que faz parte do processamento de GLP. O evento de umidade é natural visto a seção de secagem para a sua remoção e as drenagens na rotina de operação.
Cadeia 3	Falhas no compressor de ar	Já discutido
Cadeia 4	Falhas supervisório	Estas anormalidades são assim divididas: (a) Elétrico na subestação ou CFTV, (b) Loop e grupo de válvulas, e (c) PLC e Supervisório.
Cadeia 5	Baixa Eficiência na Refrigeração	O GLP não deve ficar parado em tubulações ou vasos muito tempo devido a possibilidades de expansão (alta pressão) e vazamentos. Para evitar estes riscos de pressão alta, busca-se transferir o GLP para tanque ou esfera. As barreiras: PSVs e envio para tocha.
Cadeia 6	GB102 Eventos	Os eventos que podem envolver o compressor da refrigeração GB102 são diversos: (a) qualidade do refrigerante (etano), (b) demanda pelo ciclo térmico, (c) dificuldades com a válvula de carga, (d) sobrecarga no sistema de compressão - desarme e (e) corrosão externa.
Cadeia 7	Falha na Regeneração 1	Medidor de umidade indicasse o momento (tempo) de saturação (com água) da coluna - isolamento e regeneração. Se não for regenerada a coluna devidamente ocorre envio de água e hidratos, podendo assim provocar obstruções devido a congelamentos.
Cadeia 8	Falha na Regeneração 2	A GA102 cavita devido a falhas de instrumentação para segurança - a não circulação deste GLP usado para regeneração do leito parado, acaba provocando contrapressão no forno com risco de explosão devido à alta pressão.
Cadeia 9	Falha no forno, fluxo de GLP	No momento atual estaremos preocupados em apresentar sinais de anormalidade que possam estar envolvidos com o circuito (a) referente a parte da queima que fornece calor para o circuito (b).
Cadeia 10	Saturação do FF101	Uma programação deve ser cumprida para a partida do forno e que exige o cumprimento de etapas em determinado horário e em determinada condição de apoio. A falha na solenoide pode eventualmente provocar a parada de queima do forno.
Cadeia 11	Falha Piloto na Segurança Forno	O sistema de segurança não atuar devidamente provocando a perda de controle do piloto para manter a queima no forno. Assim, faz-se necessário cruzar a possibilidade de desarme do piloto do forno com o funcionamento da regeneração.
Cadeia 12	Falha queimador Segurança Forno	A temperatura muito alta na regeneração pode provocar danos ao leito fixo, tendo sua estabilidade comprometida e podendo fragmentar enviando resíduos do leito para a regeneração. Este evento pode ser considerado não raro na probabilidade assim como a vazão baixa para o queimador.
Cadeia 13	Falha no corte de gás	Avaliar a condição de falha do sistema de segurança no forno baseado no funcionamento do piloto e do queimador. Também se devem incluir as condições gerais do processo e principalmente a qualidade do gás combustível e do gás em processamento. O estado de limpeza da foto-célula pode ser resultante de manutenção inadequada.
Cadeia 14	Controle do queimador	Os motivos que levam a dificuldades no controle do queimador podem estar no FA117, na esfera, no forno, nas válvulas solenoides ou ainda no funcionamento dos compressores de *boil-off*.
Cadeia 15	Parada do Compressor	O frio cedido na refrigeração usando o ciclo térmico de expansão e compressão do propano depende da carga do processo de secagem. O mesmo ciclo térmico que refrigera o GLP resfria na secagem e na regeneração.
Cadeia 16	Desarme GA107	O FA112 que recolhe os condensados do compressor e da refrigeração do *boil-off* pode indicar nível muito alto falso, mas, na verdade, esta com nível baixo, esta situação faz com que a válvula de controle, LV abra (nível alto) e a GA107 cavite. Ocorre o aquecimento excessivo levando ao vazamento pelo e possibilidade de desarme.

Continua

Cadeia 17	Falha no controle de nível, P e T	O tanque de GLP refrigerado recebe material oriundo da secagem / refrigeração. Os vapores deste tanque após serem condensados no flash fazem carga de propano para o circuito de refrigeração e com retorno para o tanque refrigerado.
Cadeia 18	Falha Nível do Tanque refrigerado	O tanque refrigerado precisa de equilíbrio de pressões baseado no balanço de massa das entradas e saídas do tanque, na fase líquida e vapor. A manutenção do fluxo de entrada depende de estabilidade no topo do tanque e reproduz a pressão à montante de transferência.
Cadeia 19	Falha na GA106	Motivos para baixo rendimento ou falha na GA106: pressão na sucção, amperagem, nível baixo na bomba (poço) e na linha de alívio ou respiro, pressão na descarga. Além disto, a existência de válvula de alívio que envia GLP para a tocha.
Cadeia 20	Qualidade no GLP 1	Normalmente, quando o GLP possui teor de propano alto pode servir de fluido refrigerante para os ciclos térmicos. O problema é quando ocorre presença de etano elevada prejudicando o ciclo ou ainda a presença de corrosão no GLP, provavelmente *bi-sulfetos*.
Cadeia 21	Qualidade no GLP 2	Por excesso de umidade no GLP e a drenagem não devida nos pontos do processo, por ineficiência da coluna de peneira molecular devido a já estar meio saturada, por operação ou controle de processo indevido na bota do FA102 (na regeneração) pode acontecer de passar Hidratos ou gelo para o tanque de refrigerado.
Cadeia 22	Contaminação do GLP e efeito na Carga de Navio	Neste momento se apresentam os possíveis efeitos de contaminação de GLP para processamento de gás originado na Refinaria. Estes efeitos provocam distúrbios em toda a planta com impactos diversos. Existem sinais e consequências que marcam o caminho e que precisam ser analisados para tomada de ações preventivas e corretivas.
Cadeia 23	Contaminação de GLP2	A presença de contaminantes leves no GLP (etano) pode trazer consequências para o sistema de refrigerado e para carga de navio. A presença de leves vindos da refinaria, passa pela esfera, pela secagem (FF101) e chega até o tanque de refrigerado.
Cadeia 24	Anormalidades nas HVs	A válvula motorizada diminui o esforço humano nos alinhamentos para transferência de grandes volumes de fluidos. Portanto, para facilitar as operações, o acionamento da válvula é feita de forma remota. Nas instalações de processamento de gás nota-se que muitas válvulas possuem falhas constantes indicando a necessidade de deslocamento e de esforço maior para realizar os alinhamentos.

Quadro K.1 - Resumo das Cadeias de Anormalidades.

APÉNDICE L – Técnica de Enxame de Partículas e observações

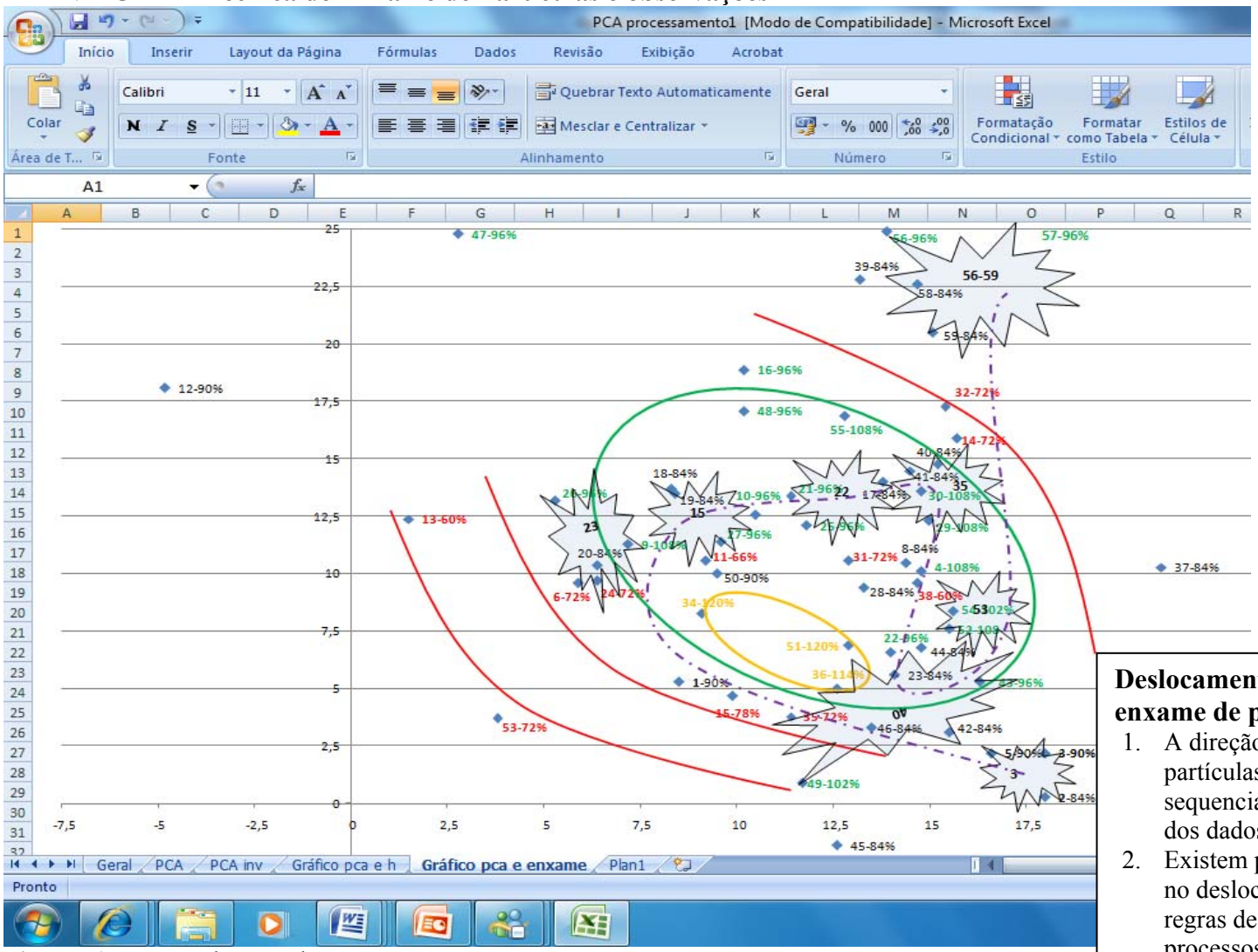


Figura L1 - Enxame de partículas.

Deslocamento social de partículas ou enxame de partículas:

1. A direção do deslocamento de partículas, no coletivo, depende de sequencia dos pontos e da densidade dos dados;
2. Existem pontos que não se enquadram no deslocamento indicando que existem regras de coletividade diferentes ou processos diferentes, requerendo assim depurar dados e técnicas.